

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERIA AGRICOLA

“EVALUACIÓN DE TÉCNICAS Y MÉTODOS PARA LA GESTIÓN Y
EVALUACIÓN DE RIESGOS A DESLIZAMIENTOS EN LA
SUBCUENCA DEL RÍO GATÚN, UTILIZANDO TELEDETECCIÓN Y
SIG.”

POR:

NATALY ITZETH SÁNCHEZ KEANE

CED: 8-902-1214

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ.

-2018-

“EVALUACIÓN DE TÉCNICAS Y MÉTODOS PARA LA GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS A DESLIZAMIENTOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO GATÚN, UTILIZANDO TELEDETECCIÓN Y SIG.”

TESIS

SOMETIDA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE SER OBTENIDO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, UNIVERSIDAD DE PANAMÁ.

APROBADA:

_____ DIRECTOR
CARLOS HIM

_____ COMITÉ
JESÚS VASQUEZ

_____ COMITÉ
LOURDES RUBATINO

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ.

-2018-

Agradecimiento:

Agradezco a mi director de tesis el Dr. Carlos Him, quien con su generosidad y ayuda permanente y, fundamentalmente, por el respeto que me ha mostrado en todo momento.

De manera especial expreso mi más sincero y profundo agradecimiento al Co director de tesis, Dr. Alexis Baúles Profesor de la Universidad Tecnológica de Panamá. Quien, además de contribuir directamente en la conformación tanto teórica como práctica de la presente investigación, ha mostrado un estilo de trabajo cooperativo, profesional y humano que representa para mí un modelo a seguir, gracias por la paciencia, disposición, la transmisión de puro conocimiento y la manera de siempre servirme.

A los licenciados Daniel Nieto, María Luisa y Ulises por colaborar siempre con esta investigación.

Dedicatoria:

A Dios doy infinitas gracias por brindarme su amor incondicional, estar conmigo en cada paso dado, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A Mi madre Sussan Keane, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí, brindarme sus consejos, valores, motivación constante y siempre su apoyo, todo esto te lo debo a ti.

Mis hermanos, Charline Zuely, Sussan Nazareth y Jason Juday, quienes fueron testigos de toda esta travesía y me apoyaron incondicionalmente, los amo con todo mi corazón.

Todos mis amigos, Yasely Martínez, Karen Flaco, Carmen Batista, Carol Alzamora, Yuby Moreno, Onelia Valdés, Abdiel Amaya, Tecilia Gonzales, por compartir los buenos y malos momentos.

Todos aquellos a quienes como yo les inspire la naturaleza y todo lo que en ella se encuentra, pues que muestra más perfecta del amor de Dios con nosotros.

RESUMEN

En la presente investigación se exhibirán los métodos utilizados para analizar los suelos de la subcuenca hidrográfica del Río Gatún y determinar la vulnerabilidad de estos a deslizamientos según los resultados obtenidos, en los primeros que se trabajo fue en crear un mapa de pendiente (topografía del terreno) para conocer la topografía del terreno, y luego con la ayuda de este, determinar las muestra de suelo que se debían obtener para luego ser analizas bajos distintos métodos en un laboratorio de suelos.

Estos métodos utilizados buscan demostrar cuales son las características que poseen los suelos vulnerables a deslizamientos, estos análisis nos arrojaron resultados que nos muestran la vulnerabilidad de los suelos a deslizamientos ante eventos hidrometeorológicos, el enfoque principal que le damos a los análisis es determinar la influencia que tiene la humedad sobre los suelos , ya que la humedad de estos determina el estado en el que ellos se encuentren ya sea semi-solido, plástico o liquido denso, lo que a sus ves nos demuestra la susceptibilidad que poseen estos suelo a cambios bruscos de humedad, ya que al momento de presentarse un evento hidrometeorológico (lluvia) los suelos absorben gran cantidad de agua lo que influye en su estado, demostrando que estos poseen un límite de humedad para conservarse en un estado plástico, y no pasar a un estado líquido , en donde este perderá su resistencia y fluirá con un líquido denso, dándose así los deslizamientos, desastre natural que en nuestros país se da con regularidad en temporada lluviosa, provocando perdidas económicas y humanas.

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo general.....	7
1.4.2 Objetivos específicos.....	7
1.5 Hipótesis.....	7
1.6 Alcances y Limitaciones.....	8
2. Revisión de Literatura.....	10
2.1. Contexto General.....	10
(a). Desastre natural geofísico.....	10
(b). Tipos de Desastres naturales geofísicos.....	10
(c). La Precipitación.....	12
(d). La Humedad Superficial.....	13
(e). La Infiltración.....	14
(f). Granulometría del suelo.....	15
(g). Densidad Aparente.....	17
(h). Los límites de Atterberg.....	18
(i). La Gestión de Riesgos.....	22
(j). Gestión de desastres naturales en Panamá.....	22
(k). Gestión de Riesgos, teledetección y SIG. (Sistema de Información Geográfico).....	31
(l). Cuenca Hidrográfica y Grupos Hidrológicos.....	36
(m). Parámetros asociados a la forma de la cuenca.....	38
(n). Parámetros relativos al relieve.....	39
(o). Parámetros relativos al drenaje.....	40
(p). Grupo hidrológico.....	41
(q). La subcuenca del río Gatún.....	42
(r). Datos de precipitación de estaciones meteorológicas adyacentes al área.....	47

3	MATERIALES Y MÉTODOS	49
	(a). Localización.....	49
3.1	Materiales y Metodos.	50
	(a). Materiales para el análisis granulométrico del suelo	50
	(b). Metodología para el análisis granulométrico del suelo con 2 lecturas del hidrómetro... 50	
	(c). Materiales para obtener la densidad aparente	54
	(d). Metodología para el análisis de la densidad aparente.....	55
	(e). Materiales para obtener el Limite liquido.....	56
	(f). Metodología para el análisis del Limite liquido.....	57
	(g). Materiales para obtener el límite Plástico	59
	(h). Metodología para determinación el límite plástico	59
	(i). Materiales para obtener la fertilidad del suelo	62
	(j). Metodología para determinación de la fertilidad del suelo	63
	(k). Materiales para determinar la Materia Orgánica del Suelo.	63
	(l) Materiales para determinar el pH del suelo.	65
	(m). Metodología para determinar el pH del suelo.	65
	(n). Materiales para generar los mapas.	66
	(o). Metodología para generar los mapas.....	66
	(p). Mapas generados por ArcGIS	66
	(q). Mapa de pendiente.....	67
	(r). Mapa de Isoyetas.....	67
	(s). Mapas de cobertura boscosa	68
	(t). Mapa de poblados, vías de acceso.....	68
	(u). Mapa de los sitios de muestreo.....	69
	(v). Mapa multicapas.....	69
	(w). Drone phantom 4 PRO	69
	(x) Encuestas realizadas.	70
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
5.	CONCLUSIONES	88
6.	RECOMENDACIONES.....	89
7.	REFERENCIAS CITADAS.....	90
	ANEXOS	97

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo de tesis describe los métodos utilizados para la evaluación y la gestión de riesgos a deslizamientos en la subcuenca del río Gatún.

El estudio fue realizado en esta subcuenca, porque tiene características especiales: condiciones naturales que podemos encontrar al igual que en ella en subcuencas del resto del país.

Esta investigación se realizó bajo el Proyecto IDDS-15-210 “Desarrollo de técnicas y procedimientos para la prevención, gestión de riesgos y evaluación de desastres naturales en tres cuencas seleccionadas de la provincia de Colón utilizando teledetección y SIG” del SENACYT (La Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología) en conjunto con Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH), de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).

El proyecto busca el desarrollo de una metodología adecuada para determinar la vulnerabilidad a deslizamientos en la subcuenca, provocadas por fenómenos de orden hidrometeorológico e hidroedáficas, involucrando a la población y las instituciones responsables del tema.

El desarrollo de esta investigación genera información vital relacionada con el estado de salud ambiental de esta subcuenca y los niveles de vulnerabilidad de las diferentes microcuencas que la forman, lo cual contribuirá a evitar pérdidas humanas y materiales, así como a planificar mejor los procesos productivos y de desarrollo rural en estas áreas.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente Panamá, es un país con vulnerabilidad a desastres naturales como inundaciones, deslizamientos y sismos. Ante las constantes amenazas de impacto de desastres en la región centroamericana y el aumento de riesgos en los últimos años, los procesos de reducción de desastres y prevención a nivel regional se establece la Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgo a desastres naturales (CEPEDRENAC, 2010).

Los deslizamientos son uno de los riesgos naturales más recurrentes, producto de las fuertes precipitaciones y los cambios en el uso del suelo, causados por la acción indiscriminada del hombre en cuencas, cauces de los ríos y quebradas. Las consecuencias son terribles para aquellas poblaciones que se ven afectadas por los daños que causan los deslizamientos, esto convierte a los deslizamientos en uno de los infortunios ambientales que produce pérdidas y deterioro social en nuestro país.

Por esta razón la Gestión de Riesgos, la que es tan antigua como la existencia misma del hombre nunca había sido tan relevante en la actualidad, dicha relevancia es debido a que el hombre ha decidido respaldarse en ella pues es de gran apoyo, la amenaza del cambio climático, las crisis hídricas, el cambio en el uso del suelo, el cambio demográfico, por mencionar algunos, son los retos que enfrentan las comunidades. Todos estos factores significan cambios, y estos cambios se enmarcan en un entorno de incertidumbre y riesgo.

La subcuenca del río Gatún ha sido protagonista de diferentes desastres naturales desde inundaciones hasta deslizamientos de tierra; además de que ella tiene características especiales que se asemejan a atributos de otras cuencas existentes en el resto del país, por lo cual ha sido escogida como subcuenca piloto para este estudio.

1.2 ANTECEDENTES

El presente anteproyecto busca el Desarrollo de Técnicas y Procedimientos para la Gestión de Riesgos y Evaluación de Desastres Naturales asociados a deslizamientos en la subcuenca del río Gatún; por esta razón es importante conocer la situación de Panamá en cuanto a desastres naturales, y en particular el área que será objeto de esta investigación.

Panamá se encuentra en la posición n° 14 entre los países más expuestos a múltiples amenazas, detrás de países como El Salvador (12) y por encima de Nicaragua (15), según el Banco Mundial.

Panamá tiene un 15 por ciento de su territorio expuesta a desastres naturales y el 12 por ciento de su población vulnerable a dos o más amenazas. Gran parte de esta población expuesta es también la más pobre, la más insalubre, con más problemas sociales y económicos.

El crecimiento desordenado, la falta de mecanismos de planificación del desarrollo y el bajo cumplimiento de las regulaciones sobre construcción y uso de suelo son algunos de los factores señalados como agravantes de la vulnerabilidad del país a los desastres (Word Bank, 2005, 2012). No obstante, a estos datos, en Panamá, subsiste la percepción

de que somos un país con una baja exposición e impactos por desastres naturales. Esta percepción se deriva, en gran medida, del hecho de que los desastres que nos afectan ocurren o son percibidos como eventos cotidianos y de pequeña escala. A pesar de esta percepción, Panamá, tal como lo indica el informe del Banco Mundial, se ve expuesto a una serie de amenazas naturales.

Los eventos que mayor impacto ocasionan en Panamá están relacionados con alteraciones de tipo hidrometeorológicos. Un régimen de precipitaciones más intensas en tiempos cortos, aunado a problemas de degradación de los ecosistemas frágiles que regulan las cuencas y la ocupación y utilización desordenada del territorio, han ocasionado una pérdida de las capacidades regulatorias de los ecosistemas y un aumento de la intensidad de los desastres ocurridos en los últimos años.

Las inundaciones son los eventos que mayor frecuencia e impacto tienen en Panamá y estas han provocado en la historia junto con los deslizamientos graves pérdidas económicas, pérdidas humanas y no siendo suficiente, los efectos sobre las personas son devastadores e inmediatos, efectos como traumas, estrés, miedo, ansiedad, lo que redundo en un malestar emocional muy intenso, lo que muchas veces provoca, en ellos, una incapacidad de volver a llevar una vida normal.

La subcuenca del río Gatún, es de 12,973 hectáreas; se encuentra totalmente en el distrito y provincia de Colón, recorre 6 corregimientos de este distrito: Salamanca, Buena Vista, Limón, María Chiquita, Puerto Pílon y Cristóbal; es una subcuenca extensa, tiene áreas de difícil acceso, como las comunidades de la parte alta, pero en la parte baja es atravesada por el corredor Transístmico.

En la subcuenca del río Gatún, se han registrado deslizamientos entre ellos, podemos mencionar el ocurrido el 8 de noviembre de 2011, donde el río Gatún se desbordó y , además, se reportaron deslizamientos en el área del Limón y río Rita, sin embargo la misma no causó graves daños solo se dieron pérdidas materiales; otro hecho registrado fue el ocurrido en el año 2015 específicamente el 3 de diciembre, donde, nuevamente, el río Gatún se desbordó ocasionando daños a diferentes viviendas en el corregimiento de Limón; además de esto también se presentaron deslizamientos de tierra cerca de la vía Transistmica, es por esa causa que las autoridades recomendaron que las familias tengan un plan de prevención, ya que las misma viven en áreas de riesgos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Es necesario tener en cuenta que son numerosas las pérdidas humanas y económicas, como consecuencia de la ocurrencia de desastres, en este caso específico los deslizamientos que ocurren en la subcuenca del río Gatún.

Por eso es necesario poner en práctica la cultura de la prevención, un saber, que minimiza la vulnerabilidad, de cualquier actividad humana frente a los riesgos o amenazas provenientes de la naturaleza; teniendo en cuenta que en todos los sitios donde nos encontramos podemos correr riesgos de diferentes clases, es por lo que debemos estar preparados para actuar en forma inmediata, y evitar así catástrofes mayores, sobre todo, cuando de vidas humanas se trata

Es por ello por lo que el presente proyecto trata del desarrollo de técnicas y procedimientos para la gestión de riesgos y evaluación de desastres naturales (deslizamientos) en la subcuenca del río Gatún.

Estas Técnicas se pueden utilizar como herramienta para ayudar a reducir la vulnerabilidad de la población, en los casos de presentarse desastres naturales como lo son los deslizamientos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Desarrollar técnicas, procedimientos y recomendaciones, útiles para gestionar y evaluar la ocurrencia y las consecuencias de desastres naturales causados por fenómenos hidrometeorológicos, para este estudio los deslizamientos, de las diferentes zonas de la subcuenca del río Gatún lo cual contribuirá a incrementar la resiliencia de las comunidades.

1.4.2 Objetivos específicos

- Sistematizar información sobre el estado del área.
- Seleccionar las áreas de mayor vulnerabilidad a desastres naturales (deslizamientos).
- Geo referenciar los datos de Sensores Remotos del área de estudio.
- Procesar la información georreferenciada.
- Realizar sobrevuelos y toma de fotografías aéreas con drones.
- Integrar en un mapas todas características que determinan la vulnerabilidad del área, en forma de capas, todas estas en un mapa final.

1.5 HIPÓTESIS

“Las condiciones de suelo e hidrometeorológicas de la subcuenca del río Gatún influyen directamente en la vulnerabilidad a deslizamientos y posibilitan desarrollar técnicas y procedimientos para gestión de riesgos y evaluación de desastres naturales como lo son los deslizamientos.”

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

La presente investigación tiene diferentes alcances, que están destinados para diferentes niveles.

A continuación, se mencionan por nivel los alcances que se desean lograr:

A nivel de la tecnología: se buscan ampliar las competencias para el desarrollo de técnicas de procesamiento digital de fotografías aéreas, tomadas por sensores remotos. De esta forma, se espera identificar, cartografiar y caracterizar zonas de vulnerabilidad a lo largo de la subcuenca.

A nivel comunitario: se desea involucrar a la comunidad en el estudio, dando la oportunidad a los moradores del área (comunidades seleccionadas) de identificar mejor tanto las áreas como los riesgos y posibles afectaciones que un desastre natural pudiera ocasionar, de acuerdo con la intensidad en su comunidad.

A nivel de gestión de riesgo: se aspira a identificar las zonas de mayor vulnerabilidad a deslizamientos, dentro de las cuales se realizarán análisis más detallados con la ayuda de las fotografías aéreas.

A nivel institucional y a nivel local: se pretende que los beneficiarios directos de este proyecto sean los moradores de las áreas de influencia de este, así como las instituciones

públicas involucradas en el área en los temas de gestión y evaluación de desastres naturales.

A nivel técnico: el primordial alcance es el desarrollo de técnicas y procedimientos que podrán incrementar la resiliencia en las comunidades y zonas vulnerables a desastres naturales, provocados por fenómenos hidrometereológicos.

A nivel comunitario y gestión de riesgo: se espera generar información confiable de los peligros de una zona de riesgo.

Limitaciones

La principal limitación que presenta este proyecto es la escasez bibliográfica sobre estudios aplicados al área a estudiar.

2. Revisión de Literatura

2.1. Contexto General.

(a). Desastre natural geofísico

Son desastres geofísicos aquellos que se forman o surgen desde el centro del planeta o en la superficie terrestre, en otras palabras, estaríamos hablando de los sismos o terremotos, las erupciones volcánicas o tsunamis y los deslizamientos de tierra.

(b). Tipos de Desastres naturales geofísicos.

- **Sismo:** un sismo es un temblor o una sacudida de la tierra por causas internas. El término es sinónimo de terremoto o seísmo, aunque en algunas regiones geográficas los conceptos de sismo o seísmo se utilizan para hacer referencia a temblores de menor intensidad que un terremoto.
- **Tsunami:** es un evento complejo que involucra un grupo de olas de gran energía y de tamaño variable, que se producen cuando algún fenómeno extraordinario desplaza verticalmente una gran masa de agua. Este tipo de olas remueven una cantidad de agua muy superior a las olas superficiales producidas por el viento. Se

calcula que el 90 por ciento de estos fenómenos son provocados por terremotos, en cuyo caso reciben el nombre más correcto y preciso de maremotos tectónicos.

- **Deslizamientos:** un deslizamiento es un tipo de corrimiento o movimiento de masa de tierra, provocado por la inestabilidad de un talud. Se produce cuando una gran masa de terreno se convierte en zona inestable y se desliza con respecto a una zona estable.
- **Erupciones Volcánicas:** es una emisión de materias procedentes del interior de la Tierra (lava, cenizas y gases tóxicos) que sale a la superficie por medio de los volcanes. Se producen cuando el magma del interior de la Tierra aumenta de temperatura haciendo expulsar la lava hirviendo hacia el exterior.

El desastre natural geofísico en el que debemos enfocarnos son los deslizamientos, una vez conociendo su definición debemos saber que este desplazamiento de tierras depende de varios factores:

- Pendiente
- Naturaleza plástica del material
- Contenido de agua

Sin embargo, el factor determinante es el contenido de agua, dicho contenido dependerá directamente de la fuerte precipitación que cae sobre un suelo que se encuentra saturado de agua o alterado, debido al cambio de uso de suelo que se da producto de las actividades antropogénicas. En efecto, en los terrenos arcillosos, su aumento acarrea una descohesión por elevación de la presión intersticial. En presencia de agua, las fuerzas de cohesión que aseguran la estabilidad de las

pendientes disminuyen por debajo de las fuerzas relacionadas con la masa de los terrenos y con la pendiente, produciéndose más tarde los deslizamientos de tierra.

(c). La Precipitación.

La precipitación es el volumen o altura de agua lluvia que cae sobre un área en un período de tiempo, la cual tiene una influencia directa en la infiltración y en el régimen del agua subterránea, y a su vez afecta la estabilidad de taludes o laderas

El estudio de la precipitación para analizar su efecto sobre los taludes puede realizarse desde varios puntos, a saber:

- **Lluvias promedio y máximas anuales:** generalmente, las áreas de mayor precipitación anual presentan mayores problemas de estabilidad de laderas, acuíferos colgados con mayores caudales de flujo subterráneo y materiales más meteorizados.
- **Régimen de lluvias:** cada región posee un sistema de lluvias que se repite en forma similar cada año. El régimen de lluvias de una región determinada puede ser diferente al de un sitio específico, dentro de la misma región, especialmente, en zonas de alta montaña y se debe, en lo posible, obtener la información precisa de las lluvias en el sitio del talud a estudiar.
- **Aguaceros Torrenciales:** es común en las zonas de montaña, la ocurrencia de aguaceros de gran magnitud en un período de tiempo de una o pocas horas. En el factor precipitación, se debe tener en cuenta la intensidad de la máxima lluvia o de

las lluvias más fuertes en una hora, en un día, mes o año y, en algunas ocasiones, la cantidad de lluvia en períodos menores a una hora.

- **Lluvias Acumuladas:** La ocurrencia de lluvias, durante varios días consecutivos o con pocos días de diferencia, puede producir fenómenos de acumulación de agua subterránea, debido a que el talud no ha drenado el agua infiltrada de una lluvia cuando ocurre la siguiente y se produce un fenómeno de acumulación progresiva y ascenso del nivel freático.
- **Ciclo hidrológico en el talud:** Parte de la lluvia se infiltra y parte corre por la superficie como escorrentía. El flujo subterráneo y los cambios en la cantidad de agua acumulada son críticos para la estabilidad de un talud, ya que ellos controlan el balance hidrológico que puede alterar el grado de saturación y la elevación del nivel freático.
- **Tiempo de lluvia que produce deslizamientos:** El tiempo que se requiere para que una lluvia produzca un deslizamiento es mayor en una arcilla que en un material arenoso (Alonso, 1995), debido a las diferencias de infiltración. Este tiempo es inversamente proporcional a la permeabilidad para valores constantes de los demás parámetros.

(d). La Humedad Superficial.

La humedad de la superficie del terreno define factores tales como los porcentajes de escorrentía e infiltración y, en algunas ocasiones, el comportamiento de los taludes.

La humedad superficial está controlada por:

- Características topográficas de la pendiente de los taludes. (porcentaje de pendiente encontrados en el área de estudio.)
- Tipo de suelo. (textura, granulometría densidad aparente, volumen de poros totales, limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad)
- Características climáticas. (Registro de precipitación)
- Vegetación. (imágenes aéreas)

(e). La Infiltración.

La infiltración se define como el movimiento del agua desde la superficie del terreno hacia el suelo o roca, por los poros o intersticios y discontinuidades de la masa térrea. El porcentaje de infiltración corresponde a la proporción de lluvia que se infiltra. La infiltración, a su vez puede dividirse entre aquella parte que contribuye a aumentar el contenido de agua de la zona no saturada y aquella que recarga el sistema saturado de agua subterránea.

Dentro del estudio de la precipitación para analizar su efecto sobre los taludes, tenemos el parámetro tiempo de lluvia y dentro de este parámetro, tenemos humedad superficial que está controlada por el tipo de suelo. Que, a su vez, está condicionada por la textura, granulometría y densidad aparente. estas serían las condiciones que analizaremos en el laboratorio.

Asimismo, abundaremos en los parámetros que controlan la humedad superficial que, en este caso, son la granulometría, textura, densidad aparente, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

(f). Granulometría del suelo.

El suelo está constituido por infinidad de partículas y la variedad en el tamaño de estas es ilimitada. Cuando se comenzaron las investigaciones sobre las propiedades de los suelos, se creyó que sus propiedades mecánicas dependían directamente de esta distribución en tamaños. Sin embargo, hoy, sabemos que es muy difícil deducir con certeza las propiedades mecánicas de los suelos a partir de su distribución granulométrica.

El análisis Granulométrico es la determinación de los tamaños de las partículas de una cantidad de muestra de suelo, y aunque no es de utilidad por sí solo, se emplea junto con otras propiedades del suelo para clasificarlo, a la vez que nos auxilia para la realización de otros ensayos. En los suelos granulares, nos da una idea de su permeabilidad, y en general, de su comportamiento ingenieril, no así en suelos cohesivos donde este comportamiento depende más de la historia geológica del suelo.

Del mismo modo el análisis granulométrico representa el dato más valioso para interpretar la génesis y las propiedades de los suelos, ya que nos permite conocer:

La textura y los factores formadores del suelo, ya que la acción de los factores formadores queda reflejada en la textura del suelo.

- **Grado de evolución:** La relación entre la cantidad de arcilla del material original y la de cada uno de los horizontes de un suelo, es un buen índice del grado de evolución.
- **Clasificar los suelos:** En todas las clasificaciones de suelos, la textura es un carácter diferenciante, ampliamente, utilizado para definir las clases de suelos a todos los niveles.
- **Evaluación de suelos,** De igual manera que en las clasificaciones de suelos, también a nivel de evaluación, la textura del suelo es un parámetro evaluador de la calidad.
- **Propiedades del suelo,** La gran mayoría de las propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas están influenciadas por la granulometría: estructura, color consistencia, porosidad aireación, permeabilidad, hidromorfía, retención de agua, lavado, capacidad de cambio, reserva de nutrientes.
- **Propiedades agrológicas:** Los suelos arenosos son inertes desde el punto de vista químico, carecen de propiedades coloidales y no proporcionan nutrientes; por el contrario, los suelos arcillosos son muy activos desde el punto de vista químico.
- **Erosión:** Las partículas de arena son arrastradas por el viento y agua; dentro de ellas las arenas finas son muy erosionables; Las arcillas presentan una fuerte tendencia a la agregación y al formar agregados de gran tamaño se protegen; el limo no presenta el alto poder adherente de las arcillas y al permanecer las partículas individuales se erosionan más fácilmente.
- **Contaminación** Las arenas son muy inertes (dejan percolar la contaminación que puede alcanzar a los niveles de agua freática) mientras que las arcillas tienen un

alto poder de amortiguación (pueden fijar y transformar los contaminantes y presenta por tanto una alta capacidad de autodepuración para el medioambiente).

Otro parámetro por conocer es La densidad aparente, se define como la masa de suelo por unidad de volumen(g/cm^3), Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Keller & Håkansson, 2010).

Los factores que afectan la densidad aparente son la granulometría, la estructura y contenido de materia orgánica. Por ejemplo, suelos arenosos tienden a tener densidades mayores que suelos más finos, al mismo tiempo en suelos bien estructurados, los valores son menores.

(g). Densidad Aparente.

La densidad aparente del suelo es un buen indicador de importantes características del suelo, tales como porosidad, grado de aireación y capacidad de drenaje.

En un tipo de suelo, los valores bajos de densidad aparente implican suelos porosos, bien aireados y con buen drenaje.

Por otro lado, si los valores son altos, quiere decir que el suelo es compacto o poco poroso, que tiene poca porosidad en su composición, que la infiltración del agua es lenta, lo cual puede provocar anegamientos (acumulación de agua en sectores), y que las raíces tienen dificultades para alongarse y penetrar hasta donde encuentren agua y nutrientes. En estas condiciones, el desarrollo y crecimiento de los árboles es impedido o retardado consistentemente.

También la determinación de la densidad aparente es, especialmente, útil para calcular la capacidad de retención de agua del suelo y para estimar su grado de compactación.

(h). Los límites de Atterberg.

Otro de los parámetros a conocer son los definidos como Los límites de Atterberg o también llamados límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo de su propia naturaleza y la cantidad de agua que contengan. Así, un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico y líquido o viscoso). La arcilla, por ejemplo, si está seca se encuentra muy suelta o en terrones, añadiendo agua adquiere una consistencia similar a una pasta, y añadiendo más agua adquiere una consistencia fluida.

Estos llamados límites de consistencia son el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad.

Límite líquido (LL) es la Humedad de un suelo remodelado, límite entre los estados líquido y plástico, expresado en porcentaje. La Norma chilena 1517/I Of. 1979

El límite líquido está definido como el contenido de humedad con el cual una masa de suelo, colocada en un recipiente en forma de cuchara (aparato de Casagrande), se separa con una herramienta patrón (ranurador), se deja caer desde una altura de 1 cm. y sufre el cierre de esa ranura en 1 cm. después de 25 golpes de la cuchara contra una base de caucho dura o similar. Casagrande (1932), determinó que el límite líquido es una medida de resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad y que cada golpe

necesario para cerrar el surco corresponde a un esfuerzo cortante cercano a 1 gr/cm. La muestra de ensayo debe ser igual o mayor que 100 gramos y debe pasar completamente por el tamiz de 0,5 mm. (malla N°40 ASTM).

El Límite plástico es la Humedad de un suelo remoldeado, límite entre los estados plástico y semi-sólido, expresado en porcentaje. La Norma chilena 1517/I Of. 1979

El límite plástico se ha definido arbitrariamente como el contenido de humedad del suelo, al cual un cilindro de éste se rompe o resquebraja al amasado presentando un diámetro de aproximadamente 3 mm.

Esta prueba es bastante subjetiva, es decir, depende del operador, el cual debe ayudarse con un alambre u otro material de 3 mm. de diámetro para hacer la comparación y establecer el momento en que el suelo se resquebraja y presenta el diámetro especificado.

La muestra necesaria para realizar este ensayo deberá tener un peso aproximado de 20 gramos.

El Índice de plasticidad se define el campo plástico de un suelo y representa el porcentaje de humedad que deben tener las arcillas para conservarse en estado plástico. Este valor permite determinar los parámetros de asentamiento de un suelo y su expansividad potencial. Si no es posible determinar uno de los límites, o si la diferencia es negativa, el suelo se calificará como no plástico. Un Índice de plasticidad bajo, como por ejemplo del 5 por ciento, significa que un pequeño incremento en el contenido de humedad del suelo, lo transforma de semisólido a la condición de líquido, es decir resulta muy sensible a los cambios de humedad. Por el contrario, un índice de plasticidad alto, como por ejemplo

del 20 por ciento, indica que para que un suelo pase del estado semisólido al líquido, se le debe agregar gran cantidad de agua.

A pesar de toda la tecnología actual que existe, no podemos detener los desastres naturales; pero sí podemos trabajar para que al momento en el que estos lleguen causen menos consecuencias.

Los desastres naturales pueden causar grandes daños a la sociedad, si no los previene a tiempo; por ello la sociedad y el individuo tienen que estar en conjunto para poder evitar las consecuencias de estos desastres; es decir, la comunidad tiene que prever que sus habitantes no sufran daños de tal magnitud, por lo cual, si no quiere sufrir daños, se debe trabajar en conjunto para lograr la prevención de los desastres naturales

Entre las principales consecuencias de los desastres naturales están:

Perdidas Humana

Durante el momento en el que se presenta un desastre natural se dan pérdidas humanas, y es necesario recalcar que esto no solo se presenta en el momento que ocurre el desastre, sino que también se dan pérdidas humanas luego de dado el desastre, ya que hay más insalubridad y más brote de enfermedades que causan muertes humanas y ponen en riesgo al resto de la población

En infortunados eventos, como el terremoto de Japón, en 2011; el tsunami del Océano Índico de 2004; el terremoto de Haití en 2010; el huracán Katrina en 2005; y las inundaciones de Pakistán en 2010, los efectos sobre las personas son devastadores e inmediatos.

Además, y, como si no fuese suficiente con las tragedias, en sí mismas, estas tienen la infortunada tendencia a dimensionar y exacerbar los problemas sociales, políticos y/o económicos preexistentes a las tragedias mismas.

Pérdidas económicas y de los recursos naturales

Es importante saber que los desastres naturales, además de ocasionar pérdidas humanas, también ocasionan pérdidas económicas y de los recursos naturales pertenecientes al área afectada y estas pérdidas se dan a través de la perdidas de todas las estructuras afectadas como casa, escuelas edificios , industrias; entre otras, además de esto también, se dan pérdidas en sus recursos que muchas veces son el porqué de su economías, muchos n de estos recursos pueden ser: madera, petróleo, animales productores muertos, cultivos perdidos, agua entre otros.

Entre otras consecuencias indirectas que provocan los desastres naturales están:

Traumas psicológicos y estrés postraumático

El miedo excesivo a las réplicas es un efecto psicológico, Puede generarse repercusiones sobre la salud mental de los afectados e, incluso, de los habitantes que no resultaron dañados.

Incapacidad de llevar una vida normal

De otro lado, pero en la misma dirección conceptual, el deseo desmesurado por saciar las necesidades más básicas genera una gran dosis de ansiedad que, al igual de lo que sucede con el temor a las réplicas, redunda en un malestar emocional muy intenso.

(i). La Gestión de Riesgos

La gestión de riesgo es la capacidad de la sociedad y sus funcionarios para transformar y evitar las condiciones que generan los desastres, actuando sobre las causas que lo producen; esta debe entenderse como una característica necesaria de la gestión del desarrollo, más que una actividad específica y separada; es decir, su característica principal es que esté presente en todos los niveles de planificación para el desarrollo (PCGIR, 2010).

(j). Gestión de desastres naturales en Panamá

La gestión en Panamá inicia gracias a que es gobierno panameño introducía, en 1955, la instalación de las primeras estaciones de la red hidrológica, asumiendo el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE) como encargado de la Red Hidrológica y Meteorológica a nivel nacional. Este instituto instaló, entre 1967-1972, un total de 265 estaciones meteorológicas y 52 hidrométricas.

Es decir, que la producción de energía eléctrica, y el suministro de agua para el consumo y tránsito del Canal de Panamá, fueron los primeros objetivos esenciales para la realización de monitoreo de parámetros, uno de los elementos esenciales para la instalación del SAT (Sistema de Alerta Temprana).

Según los datos recopilados, desde 1972 la Comisión del Canal de Panamá, que hoy se llama la Autoridad del canal de Panamá (ACP), inició los primeros pasos en materia de alerta temprana. Esto se observa en el desarrollo del programa de control de inundaciones

que tenía el objetivo de “salvaguardar la vida de las personas que viven aguas abajo de los vertederos de Madden y Gatún; la integridad de las estructuras del Canal, manteniendo los niveles de los lagos a la mayor elevación posible para garantizar el tránsito continuo de buques, durante la temporada seca y el suministro de agua para las ciudades de Panamá, Colón y alrededores”.

En 1976, con la construcción de la Represa Ascanio Villalaz (Bayano), el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación inicia mediciones hidrometeorológicas en la cuenca de río Bayano, a través del Departamento de Hidro meteorología para llevar controles de sus embalses.

A finales de los años 70, y comienzos de los años 80's, las inversiones realizadas se mantuvieron desde un punto de vista de recopilación, análisis e interpretación de resultados, y mantenimiento de la Red Nacional de Hidrometeorología.

En 1982, inicia oficialmente la gestión del riesgo en Panamá, mediante la Ley 22 del 15 de noviembre de 1982, que crea el Sistema Nacional de Protección Civil para Desastres; con el objetivo de “evitar, anular o disminuir los efectos que la acción del hombre o naturaleza puedan provocar sobre la vida y bienes del conglomerado social o el hombre”.

En 1999, Panamá siendo miembro activo del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) que forma parte del organismo especializado del Centro de Coordinación para la Reducción de Desastres Naturales en América Central CEPREDENAC. En ese contexto, en la XX Reunión Ordinaria de Presidentes Centroamericanos, República Dominicana y Belice, de octubre de 1999, la República de Panamá aprobó el “Marco Estratégico para la Reducción de las Vulnerabilidades y Desastres en Centroamérica”. Este documento

marcó un hito en la generación de lineamientos políticos e institucionales para abordar la relación entre riesgo, desastre y desarrollo.

En Panamá, surge el concepto de SAT en 1999, con la instalación del primer Sistema de Alerta Temprana ante Inundaciones en la subcuenca del río Mamoní, corregimiento de Chepo. Esta iniciativa, la ejecutó a nivel nacional y local, el SINAPROC (operación y mantenimiento); con fondos ECHO canalizados a través de GTZ (Proyecto RELSAT). Cabe destacar que este proyecto tuvo como objetivo el fortalecimiento de las capacidades, a través de dos componentes específicos: comunicación y divulgación. En la actualidad, el sistema de comunicación instalado funciona, por el mantenimiento de los radios instalados por parte de SINAPROC y la colaboración de la comunidad.

En el 2002, el 12 de noviembre, se crea la Comisión Nacional del Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), creada mediante Decreto Ejecutivo no. 402. Esta ley fue el resultado de la firma, por parte de Panamá, del Convenio Constitutivo del Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), suscrito en Guatemala, el 29 de octubre de 1993, el cual fue aprobado por la Asamblea Nacional mediante Ley 22 de 6 de junio de 1995.

La gestión del riesgo de desastres se aprobó, universalmente, como una prioridad del desarrollo en el Marco de Acción de Hyogo (MAH) en 2005. Se trata de un acuerdo firmado por 168 Gobiernos y organismos internacionales, entre ellos el GBM (Grupo del Banco Mundial) y la ONU (Organización de las Naciones Unidas), para apoyar la prevención de catástrofes en todo el mundo.

Como un mecanismo de financiamiento de alianzas, el GFDRR (El Fondo Mundial para la Reducción y Recuperación de los Desastres) estaba conformado por 43 gobiernos nacionales y ocho organizaciones internacionales. Tras reconocer la necesidad de cooperación y sinergia en el contexto posterior a un desastre, el Banco Mundial, la ONU y la Comisión Europea firmaron, en 2008, una declaración conjunta sobre evaluaciones después de crisis y planificación de la recuperación a fin de mejorar la coordinación del apoyo que se ofrece a los Gobiernos de los países afectados.

El Banco trabaja en estrecha colaboración con el PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), en la preparación de un marco sobre recuperación tras la ocurrencia de una catástrofe natural, que oriente las tareas de restauración posteriores a un gran desastre y con la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en varios programas hidrometeorológicos en todo el mundo.

El GFDRR también ha ampliado sus asociaciones globales. Ejemplo de ello es el notable crecimiento de la comunidad de expertos mundiales Understanding Risk (Comprensión del riesgo), que en la actualidad pone en contacto a más de 2800 miembros de 125 países e incluye a representantes del sector público y privado, organizaciones multilaterales, la sociedad civil, y comunidades académicas, científicas y tecnológicas.

Cada vez más, existen nuevas y más innovadoras formas de alianzas, incluso a través de expertos y la sociedad civil. Unos ejemplos son las “comunidades técnicas voluntarias”, que aplican sus capacidades en algunos de los aspectos más complejos de la DMR, como hacer mapas de riesgos y evaluar las alternativas de mitigación. Otra iniciativa es Random Hacks of Kindness (RHoK, por sus siglas en inglés), una asociación público-

privada que congrega a 150 Gobiernos y asociados del sector privado y de la sociedad civil de todo el mundo.

Otro caso, en este sentido, es el desarrollo de la Evaluación del escenario de emergencias en Indonesia (InaSAFE), impulsada conjuntamente por la Oficina Nacional para el Manejo de Desastres de Indonesia (BNPB), el GFDRR, el Banco Mundial y el Gobierno de Australia.

Aunque los desastres no son demasiados frecuentes en Panamá, este es considerado un país de riesgo sísmico con inundaciones, especialmente en la ciudad capital, las provincias de Bocas del Toro, Darién y Colón.

En el 2005, el gobierno nacional fortalece el rol en la gestión de riesgo del SINAPROC, aprobando la Ley no. 7, Resolución no. 28 del 11 de febrero de 2005. Esta establece la reorganización del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), facultando, en su artículo tercero al SINAPROC como el encargado de la ejecución de medidas, disposiciones y órdenes tendientes a evitar o disminuir los efectos que la acción de la naturaleza o la antropogénicos puedan provocar sobre la vida y bienes del conglomerado social.

De esa manera, le corresponde recopilar y mantener un sistema de información, promover un plan nacional de gestión de riesgos, formular y poner en marcha estrategias y planes de reducción de vulnerabilidades y de gestión de riesgo, confeccionar planes y acciones orientados a fortalecer y mejorar la capacidad de respuesta y la atención humanitaria, promover o proponer al Órgano Ejecutivo el diseño de planes y la adopción

de normas reglamentarias sobre seguridad y protección civil en todo el territorio nacional, entre otras funciones.

Adscrita a SINAPROC, está el Centro de Operaciones y Emergencias (COE), es allí donde se realizan todas las coordinaciones entre las instituciones que lo conforman ya sea a nivel político o técnico, una vez que se declara una alerta para mantener un control y garantizar una respuesta inmediata a las emergencias y desastres que ocurran en el país. El COE está integrado por 16 entidades públicas y privadas, que inmediatamente dispondrían de importantes recursos al servicio del centro; siendo ellas, entre otras, las telefónicas, eléctricas, los bomberos, el SMN (Servicios Marítimo Nacional), la Policía Nacional, el SAN (Servicios Aéreo Nacional, Ministerio Salud y Cruz Roja.

Por otra parte, en el Ministerio de Salud se encuentra el Sistema Institucional de Salud para Emergencias y Desastres (SISED), cuya función es la de llevar asesoría de las autoridades del Ministerio de Salud para la implementación de todos los componentes de la gestión de riesgo que van desde el análisis de riesgo, prevención, mitigación, preparación, manejo de respuesta y recuperación, procurando la mayor capacidad de las instalaciones de salud, con el fin de responder oportunamente en asistencia sanitaria ante situaciones de emergencia y desastres.

En el 2010, en la XXXV reunión ordinaria de Jefes de Estado y de Gobierno de los países del Sistema de la Integración Centroamericana, celebrada en Panamá el 29 y 30 de junio de 2010, bajo el Acuerdo no.15, se aprueba la Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgo de Desastres (PCGIR), identificando y priorizando acciones para enfrentar estos desafíos. Esta Política pretende orientar a la región en la reducción y

prevención de riesgo de desastres para contribuir con una visión de desarrollo integral en Centroamérica.

En el 2011, el gobierno panameño aprueba la Política Nacional de Gestión de Riesgos (PCGIR); con la implementación de esta política, Panamá avanza en la planificación del desarrollo, incorporando en forma efectiva, acciones participativas a todo nivel de gestión del riesgo, como contribución al mejoramiento de la calidad de vida de las personas de manera individual y colectiva, poniendo énfasis en las necesidades y participación de las comunidades más vulnerables y en el fortalecimiento de sus capacidades de autogestión y desarrollo y esta fue adoptada por Decreto Ejecutivo 1,101 del 30 de diciembre de 2010, publicado en Gaceta Oficial 26,699 del 12 de enero del 2011.

Se formula, en Panamá Plan nacional de gestión de riesgo de desastres, para los periodos 2011- 2015 como una propia política nacional de gestión y esta es una herramienta de planificación operativa, que permite avanzar a través de metas y objetivos estratégicos para la reducción del riesgo de desastres en el ámbito nacional y donde se delimitan las acciones específicas para alcanzar objetivos y metas conjuntas a nivel interinstitucional. De la misma manera, la actualización del Plan Nacional permite dar seguimiento a la implementación de los ejes articuladores que emanan de la Política Nacional de Gestión Integral de Riesgo de Desastres de Panamá.

En el 2014 se enmarca en Panamá los objetivos de la Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgos de Desastres y en el compromiso de la Cumbre de Presidentes del año 2011. A nivel nacional, por su lado, se enmarca en los esfuerzos de la Plataforma Nacional para la Gestión Integral de Riesgo de Desastres (PNGIRD), en la Política Nacional y el Plan nacional de Gestión Integral de Riesgos.

El Marco Nacional de Recuperación de Panamá se ha trazado el siguiente objetivo: Orientar la intervención de instituciones públicas y privadas de manera organizada sectorial y territorialmente en procesos de recuperación postdesastre, atendiendo, integralmente las necesidades y prioridades de la población de la zona afectada, y asegurando que no se regeneren las condiciones de riesgo y que se promuevan dinámicas más seguras de desarrollo; adicional a estos para el sector educación surge una guía de preparativos en situaciones de emergencia y desastres; debido , a que son numerosas experiencias revelan que los desastres de origen natural, antrópico, las pandemias y los conflictos armados provocan graves daños o trastornos a los sistemas educativos. En situaciones de emergencias y desastres, las comunidades suelen quedar deambulando e incluso desplazadas, además de padecer dificultades económicas y la destrucción de sus bienes. Las redes sociales y los sistemas de apoyo, que normalmente protegen a los niños, niñas y adolescentes, pueden desintegrarse y hacer que los mismos busquen un empleo inseguro para apoyar a sus familias, o adopten funciones y responsabilidades de adultos, que los sustraen de un ambiente de protección. Estas circunstancias afectan a los niños, niñas y adolescentes especialmente en los planos físico, psicológico, social e intelectual, aun si hay una escuela en funcionamiento, estas secuelas pueden perdurar por mucho tiempo.

Los desastres naturales, conflictos y situaciones inestables en las Américas y el Caribe continúan siendo la causa principal de la pérdida de vidas humanas y de sus medios de vida, de desplazamientos internos, de la desaparición de las infraestructuras básicas y, aún más grave, de que niños, adolescentes y mujeres sigan siendo los más vulnerables y los más afectados por estas situaciones. En tal sentido, este documento recopila diferentes

experiencias y recursos que han sido utilizados para garantizar la educación en situaciones de emergencia y desastres, a nivel de formulación de políticas, programas y operaciones; adicional a esta guía está el Manual para docentes de educación básica general para la prevención de riesgos y desastres, ya que el Ministerio de Educación y el Sistema Nacional de Protección Civil han considerado fundamental crear conciencia ante la existencia de condiciones que generan la ocurrencia de desastres, por lo que se han promovido acciones interinstitucionales, que permitan el diseño e implementación de un instrumento que promueva valores, conceptos, actitudes y conocimientos, para evitar los riesgos y atenuar sus efectos en casos de presentarse un evento adverso. Para contribuir con este proceso, básicamente educativo, se facilita la acción docente en el abordaje del tema, a través de los especialistas en Gestión del Riesgo; todos integraron sus experiencias y esfuerzos para elaborar el presente manual. Como punto de partida, el equipo de trabajo, realizó un diagnóstico de los Programas de Estudio de Educación Básica General, para determinar los temas de Gestión del Riesgo a Desastres que aparecen en los contenidos, objetivos y actividades que, sumado al conocimiento de los especialistas y a una exhaustiva exploración bibliográfica como base conceptual, permitió la elaboración del Manual para Docentes de Educación Básica General (Pre escolar, Primaria y Pre media) Prevención de Riesgos y Desastres.

Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos: Programa para América Latina y el Caribe, Panamá

Los indicadores de riesgo de desastres y gestión de riesgos del BID (Banco interamericano de desarrollo) permitirán a los países evaluar mejor el riesgo que afrontan los países en casos de desastre, y sirven como una guía útil para emprender acciones

políticas y gubernamentales que tengan como propósito reducir las pérdidas humanas y los daños en infraestructura, así como las pérdidas financieras y económicas causadas por terremotos, inundaciones y otros fenómenos naturales.

El sistema de indicadores, desarrollado por primera vez en 2005, con el apoyo del Fondo Fiduciario de Múltiples Donantes para la Prevención de Desastres y el Fondo Especial del Japón, detalla las pérdidas económicas potenciales que un grupo de 17 países de la región podría sufrir en caso de un desastre natural y evalúa la eficacia de sus gobiernos en la gestión de estos riesgos.

Manual de procedimientos de la cancillería en caso de desastres

Tiene el objetivo general Propiciar una gestión ordenada de la ayuda internacional y lograr una óptima utilización de los recursos para reducir, por medio de la acción internacional concertada, la pérdida de vidas y los daños a las propiedades. El establecimiento de procedimientos de coordinación eficaz y eficiente, por parte de la Cancillería, redundará en una serie de acciones a seguir en situaciones de desastre, garantizando una rápida gestión de la cooperación internacional.

(k). Gestión de Riesgos, teledetección y SIG. (Sistema de Información Geográfico).

La gestión de riesgos, según una Consulta FAO/OMS (FAO/OMS, 1997) es el proceso de ponderación de las distintas opciones normativas a la luz de los resultados de la evaluación de riesgos y, si fuera necesario, de la selección y aplicación de las posibles medidas de control apropiadas, incluidas las medidas reglamentarias.

Según la FAO (2009), El objetivo de la Gestión del Riesgo de Desastres es reducir los factores subyacentes de riesgo y prepararse e iniciar una respuesta inmediata en cuanto el desastre golpea.

Así, el análisis de riesgos consiste no solo en una observación detallada y sistemática, sino que principalmente es una propuesta metodológica que permite el conocimiento de los riesgos y sus fuentes y causas (peligros), las consecuencias potenciales y remanentes, y la probabilidad de que esto se presente.

Como inicio de las actividades del proceso de análisis de riesgos, se debe comenzar con cierta información que permita conocer las generalidades de las instalaciones, actividad, materiales, otro, así como los posibles riesgos. Se debe intentar recolectar la información adicional acerca de operaciones, actividades, instalaciones y de las áreas potenciales en donde podría ocurrir una complicación con situaciones peligrosas, ya que esto permitirá al equipo de análisis y evaluación de riesgos. Esto forma parte de lo que denominamos “definición de riesgo y sus condiciones”, enseguida mostramos algunos de los parámetros que pueden facilitar el detalle de dicha definición del riesgo y sus condiciones:

- Ubicación y condiciones geográficas y poblacionales.
- Registro y observación de las condiciones naturales de peligro
- Infraestructura, equipo, tecnología y vías de comunicación.
- Población, personal, capacitación y nivel de concienciación.
- Descripción de los procesos y actividades que se realizan en la colectividad.
- Detección, revisión, señalamientos y revisión de las áreas de almacenamiento de combustible en caso de que existan.

- Programas y sistemas de control e inspección de emergencia
- Mapas y cualquier tipo de registro que exista del área.

Un SIG (sistema de información geográfica) es uno de las técnicas que nos ayudara crear mapas en donde podemos observar el área y en ella la pendiente que se posee a través de mapas realizados con estos sistemas de información ya que estos pueden capturar datos geográficos en diferentes formatos, como: mapas analógicos digitalizados, imágenes de satélite y datos alfanuméricos geo referenciados, y puede también almacenar grandes volúmenes de datos en un formato digital en diferentes estructuras de bases de datos. Los SIG permiten la integración de números ilimitados de capas temáticas, utilizando diferentes algoritmos para llevar a cabo operaciones espaciales.

Además, permiten la representación gráfica de la información geográfica en muchos formatos diferentes, incluyendo, pero no limitándose a mapas temáticos. En términos institucionales, los SIG permiten centralizar e integrar información normalmente dispersa en diferentes formatos, en diferentes organizaciones, para producir "nueva" información de acuerdo con las necesidades de diferentes aplicaciones y usuarios. En contraste a las técnicas analógicas, los SIG ofrecen sistemas dinámicos de información, en los que los datos pueden ser actualizados periódicamente o continuamente.

La aplicación de los SIG (Sistemas de Información Geográficos) al análisis de riesgos, Antes de la disponibilidad amplia de tecnología informática, en los años 80 (Guevara, 1995), los análisis de riesgos fueron utilizando técnicas analógicas como la superposición manual de mapas temáticos. Esa técnica había sido utilizada durante muchos años para producir mapas de las amenazas ambientales; por ejemplo, para identificar polígonos

donde existan terrenos aptos para la construcción, en zonas donde no sufran de inundaciones (McHarg, 1975).

La misma técnica fue utilizada en 1982 para producir El Plan de Protección Sísmica de Lima Metropolitana (Maskey y Romero, 1985), mediante la superposición de capas cartográficas sobre la vulnerabilidad física de las construcciones (altura de las construcciones, materiales de construcción, estado de conservación, etc.), con información sobre la vulnerabilidad social y económica.

Según la OEA (Bender, 1993), el uso de los SIG, para el análisis de riesgos ofrece una serie de ventajas: puede ser barato, si es que hay una selección adecuada de equipos; puede multiplicar la productividad, reducir costos y dar resultados de más alta calidad que técnicas manuales; puede, asimismo, facilitar la toma de decisiones y mejorar la coordinación entre agencias. Adicionalmente, puede mejorar la amplitud y profundidad de los análisis de riesgos, orientar los procesos de desarrollo, y asistir a planificadores en la selección de medidas de mitigación y la implementación de acciones de preparativos y respuesta.

El uso de un SIG puede ahorrar tiempo en la preparación de mapas y facilitar la evaluación de diferentes estrategias de desarrollo, referente a usos de tierra existentes y potenciales. Mediante la combinación de diferentes fuentes de información, un SIG puede descubrir información nueva y valiosa sobre los riesgos, que permita ayudar a los planificadores a evaluar el impacto de las amenazas en actividades de desarrollo existente y propuestas. De la literatura, se desprende el uso de varias técnicas para el análisis de riesgos en un ambiente SIG.

Una primera técnica consiste en construir índices probabilísticos de riesgo, mediante la combinación de diferentes capas temáticas, representando diferentes variables. En cada capa, se describen las características espaciales, temporales, atributos y topología de una variable asociada con el riesgo.

Por ejemplo, se combinan capas representando variables como la precipitación pluvial, la topografía, la geología y la cobertura vegetal, para inducir una probabilidad de erosión. A cada variable se le asigna un peso o valoración particular; asimismo, se definen diferentes algoritmos para combinar las variables.

Esta técnica se presta para el estudio de los procesos sociales y naturales que configuran el riesgo, para determinar áreas con niveles relativos de riesgo, sobre todo a una baja resolución.

Una segunda técnica consiste en combinar capas temáticas sobre los elementos en riesgo y combinarlos con otras capas sobre las amenazas. Esto permite estimar las pérdidas que podrían producirse en caso de manifestarse una amenaza de una magnitud determinada.

También en los SIG, para el análisis de riesgos, se utilizan técnicas deductivas, construyendo patrones históricos de ocurrencia de desastres, para deducir un nivel probable de riesgo en una ubicación y período determinados. Las técnicas deductivas pueden utilizarse en aplicaciones a diferentes niveles de resolución. Las técnicas inductivas y deductivas pueden combinarse: por ejemplo, la integración de datos sobre fallas geológicas y placas tectónicas con datos sobre epicentros anteriores e intensidades para modelar la amenaza sísmica (OEA, 1993).

Los análisis de riesgos llevados a cabo por los SIG tienden a enfocar la atención en las causas naturales y físicas de los desastres; mas no en los procesos sociales, económicos y políticos que configuran tanto amenazas como vulnerabilidades.

Los SIG podrían utilizarse para visualizar y modelar las consecuencias de diferentes estrategias de gestión de riesgos, alimentadas por diferentes imaginarios. Desde esta perspectiva, los SIG podrían convertirse en instrumentos para la democratización de la información sobre riesgos.

La teledetección es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material, en nuestro caso se trata de objetos situados sobre la superficie terrestre. Para que esta observación sea posible es necesario que, aunque sin contacto material, exista algún tipo de interacción entre los objetos y el sensor. En este caso, la interacción va a ser un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor. Este flujo puede ser, en cuanto a su origen, de tres tipos:

- Radiación solar reflejada por los objetos (luz visible e infrarrojo reflejado)
- Radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico)
- Radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar)

Las técnicas basadas en los dos primeros tipos se conocen como teledetección pasiva y la última como, teledetección activa.

(1). Cuenca Hidrográfica y Grupos Hidrológicos.

Una cuenca hidrográfica (FAO, 1996) es una zona geográfica drenada por una corriente de agua. Este concepto se aplica a varias escalas, que van desde una superficie agrícola atravesada por un arroyo (microcuenca) hasta las grandes cuencas fluviales (o cuencas lacustres).

Las cuencas hidrográficas cumplen importantes funciones y servicios como, entre otros, los siguientes:

- El suministro de agua dulce
- La regulación del flujo del agua
- El mantenimiento de la calidad del agua
- El suministro y la protección de los recursos naturales para las poblaciones locales
- Protección frente a peligros naturales
- El suministro de energía
- Conservación de la biodiversidad
- Recreación.

Las características físicas de una cuenca tienen una relación estrecha con el comportamiento de los caudales que transitan por ella; sin embargo, la poca información cartográfica de la que se dispone, hace que el encontrar esa relación no sea fácil y que, por lo tanto, su uso, en estudios hidrológicos, sea limitado, por otra parte, no se puede garantizar que toda la información morfométría de las cuencas utilizadas para el estudio se pueda obtener en una misma escala, lo que aumenta el grado de incertidumbre sobre la confiabilidad de los parámetros (UNAL, 1997).

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, particularmente en los eventos de avenidas máximas, en especial, las cuencas de igual área; pero de diferente forma, generan hidrogramas diferentes.

La forma de la cuenca condiciona la velocidad del escurrimiento superficial. Para cuencas de igual superficie y formas diferentes se espera un comportamiento hidrológico también diferente.

(m). Parámetros asociados a la forma de la cuenca

Entre los parámetros asociados a la forma de la cuenca tenemos:

Área: está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de esorrentía dirigido-directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio; este parámetro se expresa normalmente en $[\text{km}]^2$.

Perímetro: es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas.

Longitud de la cuenca: se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (estación de aforo) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

Ancho de la cuenca: se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca

Factor de Forma de Horton: es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca. Un valor de K_f superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

(n). Parámetros relativos al relieve

Altura y elevación son los parámetros más determinantes de la oferta hídrica y del movimiento del agua a lo largo de la cuenca. De ella dependen, en gran medida, la cobertura vegetal, la biota, el clima, el tipo y uso del suelo y otras características fisiográficas de un territorio.

Cota menor de la cuenca (C_m) es la cota sobre la cual la cuenca entrega sus aguas a un cauce superior (msnm.).

Elevación promedio del relieve es la elevación promedio de la cuenca referida al nivel del mar. Histograma de frecuencias altimétricas: Corresponde a la estimación del histograma de frecuencias de las elevaciones en la cuenca.

Pendiente media de la cuenca (S) es el valor medio del declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de la vertiente sobre la que se ubica la cuenca.

Pendiente promedio del cauce; con base en el perfil altimétrico a lo largo del río, se puede encontrar la pendiente de la recta ajustada a parejas de valores obtenidos en intervalos iguales a lo largo del cauce.

Longitud del cauce principal: corresponde a la longitud del cuerpo de agua que le da nombre a la cuenca de estudio, en este parámetro se tienen en cuenta la sinuosidad cauce; este parámetro se expresa normalmente en kilómetros

Longitud del cauce hasta la divisoria (L_f) se estima prolongando longitud del cauce principal hasta la divisoria sumándole la distancia en línea recta que separa ambas medidas.

(o). Parámetros relativos al drenaje.

Orden de los cauces, el orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca.

Longitud de los cauces de orden uno: una vez establecidos los cauces de orden uno, se miden las longitudes de dichas corrientes.

Densidad de drenaje, este índice relaciona la longitud de la red de drenaje y el área de la cuenca sobre la que drenan las corrientes hídricas

Coefficiente de torrencialidad, índice que mide el grado de torrencialidad de la cuenca, por medio de la relación del número de cauces de orden uno con respecto al área total de la misma. A mayor magnitud, mayor grado de torrencialidad presenta una cuenca.

(p). Grupo hidrológico.

Los grupos de suelos hidrológicos se basan en cálculos del potencial de escorrentía. Los suelos se asignan a uno de cuatro grupos de acuerdo con el índice de infiltración del agua, cuando el suelo no está protegido por vegetación, está completamente húmedo y recibe precipitaciones de tormentas de larga duración.

En Estados Unidos, los suelos se incluyen en cuatro grupos (A, B, C y D) y tres clases dobles (A/D, B/D y C/D). Los grupos se definen de la siguiente manera:

Grupo A: suelos que tienen un alto índice de infiltración (bajo potencial de escorrentía) cuando están completamente húmedos. Están formados principalmente por arenas profundas, bien drenadas o excesivamente drenadas, o arenas de textura gruesa. Estos suelos presentan una tasa elevada de transmisión de agua.

Grupo B: suelos que tienen un índice de infiltración moderado cuando están completamente húmedos. Son principalmente suelos moderadamente profundos o profundos, moderadamente drenados o bien drenados con una textura de moderadamente fina a moderadamente gruesa. Estos suelos tienen una tasa moderada de transmisión de agua.

Grupo C: suelos que tienen un índice de infiltración lento cuando están completamente húmedos. Son principalmente suelos con una capa que impide el movimiento descendente del agua o suelos, de textura moderadamente fina o fina. Estos suelos tienen una tasa de transmisión de agua lenta.

Grupo D: suelos que tienen un índice de infiltración muy lento (alto potencial de escorrentía) cuando están completamente húmedos. Se trata fundamentalmente de arcillas

con alta capacidad para expandirse y contraerse, suelos con un elevado nivel freático, suelos que presentan una capa de arcilla o claypan en la superficie o cerca de la superficie, y poco profundos, sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa de transmisión de agua muy lenta. Cuando un suelo se asigna a un grupo hidrológico doble (A/D, B/D o C/D), la primera letra de la pareja corresponde a las áreas drenadas y la segunda a las, no drenadas. Solamente, se asignan a clases dobles los suelos que en su estado natural se incluyen en el grupo D.

(q). La subcuenca del río Gatún.

Este desarrollo de técnicas, para la gestión de riesgos y evaluación de deslizamientos, utilizando teledetección y SIG, será aplicado para La subcuenca del río Gatún, la misma localizada al extremo nordeste de la cuenca del canal de Panamá. La superficie, hasta su desembocadura, es de 12,973 hectáreas. Se encuentra totalmente en el distrito y provincia de Colón, recorre 5 corregimientos de ese distrito: Salamanca, Buena Vista, Limón, María Chiquita, Puerto Pilon, esta es una subcuenca extensa, tiene áreas de difícil acceso, como las comunidades de la parte alta, pero en su parte baja es atravesada por el corredor Transístmico.

Esta subcuenca nace dentro del Parque Nacional Chagres, en cerro Bruja, en la Sierra Llorona, a 650 msnm.

El parque Nacional Chagres, creado en 1985, posee una superficie de 131,262.77 has y tiene función principal de proteger las partes alta de la Cuenca del Canal de Panamá,

además de estas también proteger las áreas de nacimiento del caudaloso río Chagres, cuyo territorio provee más del 40 por ciento del agua que se utiliza en el canal; y casi toda la totalidad del agua que consume la población de la región metropolitana.

Luego de utilizar este espacio para conocer un poco sobre el Parque Nacional Chagres, parque del cual nuestra subcuenca forma parte, procedemos a seguir conociendo sobre nuestra subcuenca: su drenaje es del tipo paralelo en la mayor parte de su recorrido, el que va en dirección noreste-suroeste con una longitud de 50.3 km. Vierte sus aguas directamente en brazo del río: El Limón, del lago Gatún, a unos 5 Km.

El río principal recibe varios tributarios, entre ellos las quebradas La Llana y San Cristóbal en su parte alta. Hacia la mitad de su recorrido, recibe a las quebradas Chan, del Diablo y Larga, así como, el río Escandaloso. Justo aguas arriba del puente sobre el río Gatún, en la carretera Panamá-Colón, recibe aguas del río Agua Clara y, poco más abajo, se le une el principal tributario que es el río Aguas Sucias. Esta subcuenca limita al norte con la sierra Llorona y otras alturas de la divisoria de aguas de la Cuenca del Canal de Panamá; al este, con la subcuenca del río Boquerón y el parque nacional Chagres; al sur, con la subcuenca del río Gatuncillo y la sierra Maestra; y al oeste, con el lago Gatún.

El área alta de esta subcuenca está ocupada por los poblados, es decir 27.2 hectáreas, representa solamente el 0.2 por ciento de toda la superficie de esta subcuenca, lo que indica que está pobremente poblada. La actividad ganadera representa el 11.1 por ciento de la superficie de la subcuenca, y es una actividad que ha ido disminuyendo, con el paso de los años, para darle paso a plantaciones. Las fincas ganaderas ocupan una buena porción de la superficie total, pero es una actividad que va disminuyendo. En cuanto a cobertura vegetal, todavía hay una buena porción de bosques mayores de 60 años, ubicados hacia

los nacimientos del río, sobre todo dentro del Parque Nacional Chagres, la Sierra Llorona y la Sierra Maestra.

Hacia su desembocadura y en las cabeceras de los tributarios menores hay otros parches menores de bosques más jóvenes, algo alterados, representando el 31.3 por ciento de su superficie. Los bosques de galería se encuentran medianamente intervenidos y se concentran hacia el sector medio de la subcuenca.

Los rastrojos y matorrales representan el 26.3 por ciento de la superficie. Estos son cortados en ciclos que van de 5 a 8 años para desarrollar actividades agrícolas, sobre todo cultivos anuales como arroz, maíz y yuca. Algunos de estos parches de matorrales se encuentran abandonados y ya tienen más de 10 años, lo que representa una recuperación paulatina de las superficies boscosas. La reforestación representa el 1.5 por ciento del total y en su mayoría son plantaciones de tecas.

En cuanto al transporte de esta área es deficiente por no existir calles apropiadas para el paso vehicular y, en algunos lugares, los caminos existentes están en muy mal estado; no hay puentes lo que pone en peligro la vida de sus habitantes, especialmente niños. No tienen facilidades para transportar sus productos y es complicada la salida para búsqueda de atención médica.

En cuanto a la Economía, la población percibe ingresos mayoritariamente del sector agropecuario mediante la siembra de cultivos agrícolas para subsistencia (principalmente en Aguas Claras 2) y la cría de ganado (esta última sobre todo en Santo Domingo, La Llana y Sierra Llorona).

En el tramo bajo de la subcuenca del río Gatún división político-administrativa, se encuentran seis comunidades que forman parte del tramo bajo de la subcuenca del río Gatún; cuatro pertenecen al corregimiento de Limón (Cerro Azul, Alfagía, Río Gatún y Aguas Claras), y otra, al corregimiento de Puerto Pílon (Alto El Chorro) y una, al corregimiento de Buena Vista (Nuevo Veraguas); todas se ubican en el distrito cabecera: provincia de Colón.

Según el censo del 2000, y para conocer un poco sobre el estado estadístico de la población de esta subcuenca se tienen los siguientes registros:

TABLA I CENSO DE POBLACIÓN PARA EL AÑO 2000.

Censo Poblacional año 2000					
Distrito	Corregimiento	Hombres	Mujeres	En actividades Agropecuarias	Total
Colón	Buena Vista	5,358	5.070	189	10,428
	Limón	2,136	1,956	104	4,092
	Puerto Pílon	5,867	5,791	86	11,658
	Salamanca	1,568	1,352	282	2,920

La principal vía de acceso, para las comunidades que pertenecen al tramo bajo de la subcuenca del río Gatún, es la carretera transístmica. Los caminos de penetración son de tierra y se encuentran en mal estado; se tratan de cortes primarios sin el mantenimiento necesario. Algunos han sido mejorados gracias al esfuerzo de los moradores, que se agrupan para donar un día de trabajo. La mayor parte de los caminos, en el tramo bajo de esta subcuenca, son de tierra y necesitan mejor mantenimiento. El río Gatún tiene una vía principal asfaltada; pero muy deteriorada, producto del paso de vehículos pesados y la falta de cunetas laterales; los caminos periféricos son de tierra.

En cuanto a la economía, los moradores de las dos comunidades con perfil semi-urbano: Río Gatún y Aguas Claras son, en su mayoría, trabajadores asalariados que laboran en áreas aledañas, en la Zona Libre de Colón y en la ciudad de Panamá; hay educadores, albañiles, enfermeras, etc. Los moradores de las cuatro comunidades con perfil rural, Alfagía, Cerro Azul, Nuevo Veraguas y Alto El Chorro, se dedican enteramente a la agricultura y a la ganadería de subsistencia, sus habitantes no tienen la facilidad de emplearse en otros sectores laborales, y tampoco están capacitados para insertarse en las oportunidades de trabajo que se puedan dar. El área baja de la subcuenca del de Río Gatún es la más urbanizada, pero también se encuentran restos de bosque ribereño sobre el río y las pequeñas quebradas. Asimismo, hay áreas dedicadas a potreros y cultivos, así como hay matorrales en recuperación

Más tarde luego del censo realizado en el año 2000, en el año 2010 se realiza otro censo arrojándonos los siguientes resultados (se observa un aumento de la población en comparación con el censo del año 2000):

TABLA II CENSO DE POBLACIÓN PARA EL AÑO 2010.

Censo De Población Año 2010					
Corregimiento	Lugar poblado	Hombres	Mujeres	En actividad agropecuaria	Total
Buena Vista	Río Gatún	2	0	2	2
	Río Gatún Grande	8	4	4	12
	Quebrada Bonita Adentro	1,125	1,104	27	2,229
Limón	Cerro azul	5	3	2	8
	Quebrada ancha	233	221	5	454
	Río Gatún	839	840	8	1,679
	Quebrada Plata n°1	4	2	1	6
Puerto Pílon	Aguas Claras	34	33	7	67

	Arriba				
	Alto el Chorro	44	39	5	83
	Sierra Llorona	56	42	24	98
Salamanca	El Bajo	8	3	6	11
	Santo Domingo	31	18	20	49

(r). Datos de precipitación de estaciones meteorológicas adyacentes al área.

Los eventos que mayor impacto ocasionan en Panamá están relacionados con alteraciones de tipo hidrometeorológicos. Un régimen de precipitaciones más intensas en lapsos de tiempos cortos, aunado a problemas de degradación de los ecosistemas frágiles que regulan las cuencas y la ocupación y utilización desordenada del territorio, han ocasionado una pérdida de las capacidades regulatorias de los ecosistemas y un aumento de la intensidad de los desastres ocurridos en los últimos años.

Las inundaciones y deslizamientos son los eventos que mayor frecuencia e impacto tienen en Panamá y las mismas han provocado en la historia, junto con los deslizamientos, graves pérdidas económicas, muertes y heridos.

Una vez más, conociendo cuales son los eventos de mayor impacto en nuestro país y a raíz de que este trabajo está basado en la gestión de riesgos a Deslizamientos es importante conocer el estado hidrometeorológicos de nuestra área de estudio en este caso mostraremos el registro de lluvia que se poseen de nuestra área de estudio y estos son:

Estos datos de precipitación anual fueron tomados del registro de lluvia de estaciones cercanas a la subcuenca.

A continuación, mostraremos las estaciones utilizadas seguidas de la precipitación anual del año, en algunos casos se presentaron estaciones son datos para el año a utilizar, no obstante, esto no impidió el uso de otro dato de otro año que fuera similar al de otra estación cercana para el año 2010.

TABLA III ESTACIONES METEOROLÓGICAS CON DATOS DE PRECIPITACIÓN PARA EL AÑO 2010.

#	ESTACIONES	PPT(mm/año)	AÑO
1	BARRO COLORADO	3,978	2010
2	CHICO-ANCON	3,691	2010
3	CIENTO	4,435	2010
4	ESCANDALOSA	5,016	2010
5	GAMBOA	2,704	2010
6	GATUN RAINZ	3,665	2010
8	LAGO ALAJUELA	2,846	2010
9	PELUCA	4,597	2010
10	SALAMANCA	3,913	2010
11	SAN MIGUEL	5,765	2010
12	PORTOBELLO	3,400	1996
14	BUENA VISTA 126	2,650	2017
15	NOMBRE DE DIOS	3,362	1978
16	AGUA CLARA-PUERTO PILON	3,025	2008

3 MATERIALES Y MÉTODOS

(a). Localización

La subcuenca del río Gatún, esta es la subcuenca de estudio la misma está localizada al extremo nordeste de la Cuenca del Canal de Panamá.

Se encuentra totalmente en el distrito de Colón, provincia de Colón, recorriendo por 5 corregimientos de ese distrito: Salamanca, Buena Vista, Limón, María Chiquita, Puerto Pílon, se localiza a los $9^{\circ} 16' 00''$ N $79^{\circ} 55' 00''$ O. Desemboca en un brazo del lago Gatún, llamado El Limón.

Esta es una subcuenca extensa, tiene áreas de difícil acceso, como las comunidades de la parte alta, pero en su parte baja es atravesada por el corredor Transístmico.

Esta subcuenca nace dentro del Parque Nacional Chagres en cerro Bruja en la Sierra Llorona, a 650 msnm.

En esta subcuenca se tomaron distintas muestras de suelo para analizar diferentes para metros, como textura, densidad aparente, limistes de atterberg y además de estos también se analizó la fertilidad del suelo de la subcuenca a continuación detallaremos los materiales y métodos utilizados para realizar todos los análisis en el laboratorio de suelos de la Universidad de Panamá.

3.1 MATERIALES Y MÉTODOS.

(a). Materiales para el análisis granulométrico del suelo

- Muestra de suelo secada al aire y tamizada
- Vaso químico de 400 o 600 ml
- Polifosfato de sodio
- Agitador mecánico con copa
- Termómetro
- Cronometro
- Capsula de aluminio
- Botella lavadora
- Embolo para mezclar

- Cilindro de sedimentación de un (1) litro



- Hidrómetro tipo Bouyoucos
- Aceite mineral

(b). Metodología para el análisis granulométrico del suelo con 2 lecturas del hidrómetro.

Figura. 1 analisis de granulometria, mostrando en la figura los cilindros de sedimentacion, con la muestra de suelo disperso en el.

Para la determinación de la granulometría del suelo fue el método de Bouyoucos este método se basa en la ley y Stokes que se refiere a la fuerza de fricción experimentada por objetos esféricos moviéndose en el seno de un fluido viscoso, para este análisis se utilizó 40 gramos de suelos secados al aire pasada por el tamiz secada al aire, pasadas por un tamiz de 2 milímetros, este se coloca en una copa de dispersión y se agregar 100 ml del dispersante y 150 milímetros de agua destilada. Este se bate por 5 minutos luego de batirlo lo dejamos en reposo durante diez minutos para su digestión., Se deja en reposo para que el dispersante actué sobre este por los diez minutos. Luego de esto, este pasa a ser Agitado por un agitador mecánico durante cinco minutos. Algunos suelos muy arcillosos podrán requerir hasta 20 minutos. Los arenosos no deben ser agitados más de 5 minutos para evitar la destrucción de las partículas. Una vez agitado lo transferimos de la copa de dispersión para el cilindro de sedimentación con la ayuda de una botella lavadora, y una vez transferimos, completamos el volumen de la suspensión hasta la marca del litro con agua destilada, una vez cumplido este paso tomamos la temperatura de la suspensión. Con la ayuda del embolo, de metal que posee en su base un disco que permite agitar toda la solución y homogenizarla, se agita la suspensión con movimientos sucesivos hacia abajo y hacia arriba, sin salpicar, hasta que todo el material solido quede en suspensión., si luego de este paso la suspensión está cubierta de espuma agregamos una gota de aceite mineral para eliminar dicha espuma. Una vez eliminada la espuma tomamos el hidrómetro este debe ser calibrados en un blanco, estos significa que se debe realizar una lectura de hidrómetro en un cilindro de sedimentación en blanco, es decir sin suelo, solo con los 100 ml de solución dispersante y agua destilada hasta llenar el cilindro, una vez llenado batimos con el embolo , introducimos el hidrómetro realizamos

nuestra lectura en el blanco y determinamos la temperatura de la suspensión, esto se realiza para calibrar el hidrómetro, una vez calibrado este se utiliza para realizar las lecturas de suelo en suspensión dentro de los cilindros de sedimentación, la primera lectura es realizada a los 40 segundos, la segunda a los cuatro minutos. Y la tercera a las dos horas. La primera lectura corresponde a la cantidad de limo en suspensión, considerando que la arena se sedimenta luego de 4 minutos para el sistema internacional. La segunda lectura después de dos horas corresponde a la arcilla en suspensión. Una vez realizadas las lecturas se procede a determinar el porcentaje de arena, limo y arcilla, además de esto la textura del suelo analizado.

Con los datos obtenidos de las lecturas utilizando las ecuaciones descritas por el método se calculan los porcentajes de limo, arcilla, y arena. Expresiones utilizadas:

$$\% \text{Arena} = \frac{(100 - \text{Lectura de 40 seg. corregida}) \times 100}{M_{ss}}$$

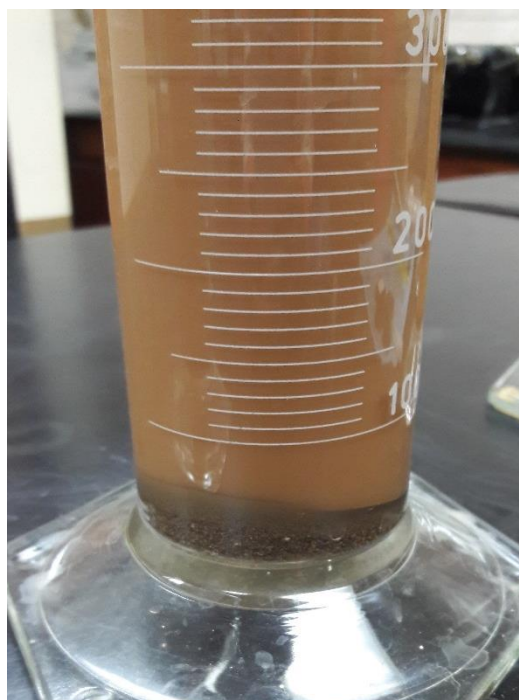


Figura. 2 Cilindro de sedimentación, con muestra de suelo en sedimentación.

$$\%Arcilla = \frac{\text{Lectura a las 2 horas corregido} \times 100}{M_{ss}}$$

$\%Limo$

$$= \frac{(\text{Lectura a los 40 seg. corregido} - \text{Lectura a las 2 horas corregido}) \times 100}{M_{ss}}$$

Una vez obtenido los porcentajes de arena, limo y arcilla se procede a darle al suelo una clase textual, utilizando el la Guía para la clasificación textual según el Sistema Internacional de la Ciencia del Suelo (SICS)

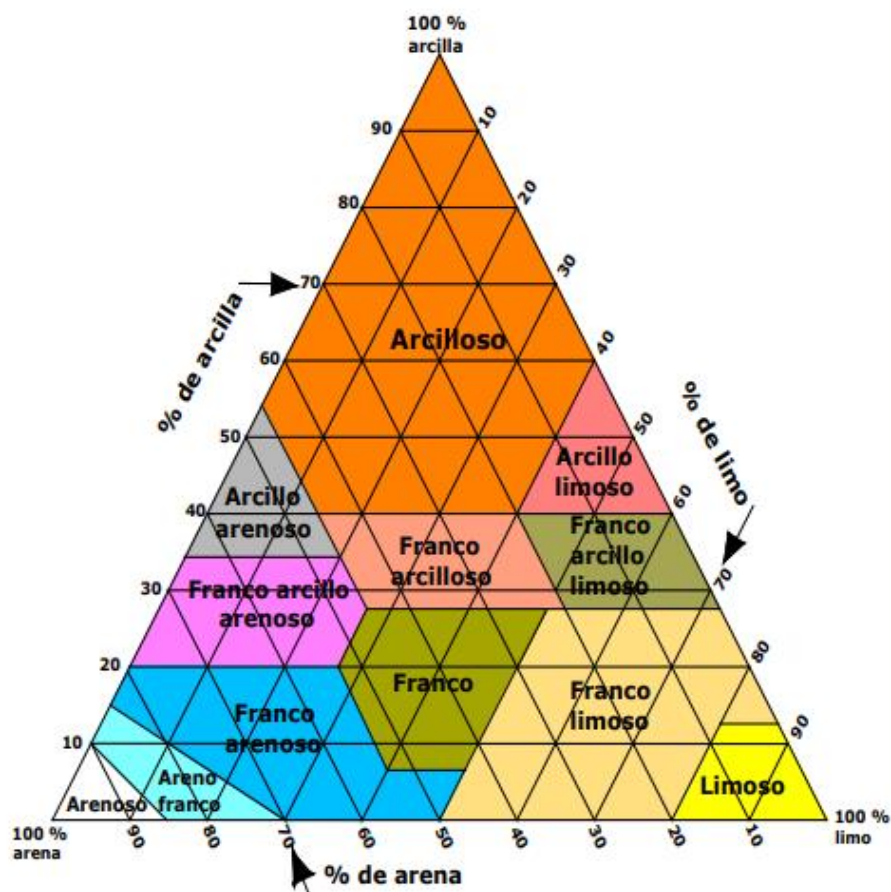


Figura. 3 Guía para la clasificación textual según el Sistema Internacional de la Ciencia del Suelo (SICS)

(c). Materiales para obtener la densidad aparente

- Cilindro o anillo volumétrico
- Papel filtro
- Papel aluminio
- Liga
- Bandejas
- Agua destilada
- Horno
- Balanza semianalítica.

(d). Metodología para el análisis de la densidad aparente.



Figura. 4 obteniendo muestra de suelo inalterada, para la determinación de la densidad aparente.

Para la determinación de densidad aparente se usó el método más utilizado en nuestro país este es el método del cilindro. Una de las desventajas de tomar la muestra con el

cilindro, es que el valor puede variar con el tamaño del cilindro, siendo mayor la densidad cuando menor es el tamaño del cilindro, a causa de que no se captan los poros de mayor diámetro. En general, el método presenta poca variación, es fácil de repetir y su determinación es sencilla para este análisis se utilizó un cilindro de volumen, radio y altura conocida, procedemos en campo a introducir el cilindro en el suelo en un lugar poco perturbado de la subcuenca, una vez introducido y con la toma de suelo dentro de este, procedemos a sacarlo y cubrirlo un extremo con papel aluminio y el otro extremo con papel filtro.

Realizado esto procedemos a llevar la muestra al laboratorio en donde la pesamos para obtener su peso antes de introducirla al horno y secarla a 110°C, luego de secada nuevamente la pesamos para entonces conocer su peso en seco y más tarde determinar la densidad aparente de esta muestra.

Calcular la densidad aparente del suelo con la siguiente expresión:

$$Densidad (g/cc) = \frac{\text{Peso de la muestra seca a } 110^{\circ}C}{\text{Volumen del anillo o cilindro}}$$

(e). Materiales para obtener el Limite liquido

Límites de atterberg

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Estos límites consisten el limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad. A continuación, se mostrará la metodología para conocer estos limite.

Limite liquido

- 100 g de suelo anteriormente secado y tamizado.
- Aparato de límite líquido (máquina de Casagrande), el que consiste en una taza (cuchara) de bronce con una masa de 200 ± 20 gramos., montada en un dispositivo de apoyo fijado a una base de caucho, madera o plástico duro.
- Plato de evaporación de porcelana.
- Agua destilada.
- Espátula hoja flexible.
- Horno de secado

(f). Metodología para el análisis del Limite liquido



Figura. 5 Aparato de Casa Grande , utilizado para determinar el limite liquido.

Procedimiento:

Se coloca la muestra de suelo en el plato de evaporación agregándole suficiente cantidad de agua destilada, mezclando con la espátula hasta lograr una pasta homogénea. Esta muestra debe curarse durante el tiempo que sea necesario para lograr una adecuada distribución de la humedad luego se coloca el aparato de Casagrande sobre una base firme y se deposita en la taza unos 50 a 70 gramos. del material preparado previamente, para luego alisar la superficie con la espátula, de modo que el suelo puesto su taza quede homogénea. Una vez enrasado, se pasa el acanalador para dividir la pasta en dos partes, a través de un surco que se vea el fondo de la taza. Si se presentan desprendimientos de la pasta en el fondo de la taza, se debe retirar todo el material y reiniciar el procedimiento. Cuando se tiene el surco, se inician los golpes del aparato presionando el botón de encendido y siempre observando el surco para así obtener el momento exacto en que el suelo dentro de la taza se une.

Finalmente, una vez obtenido el rango necesario para la unión del suelo se toman aproximadamente 10 gramos. del material que se junta en fondo del surco para determinar la humedad. El material sobrante se traslada al plato de evaporación para mezclarlo nuevamente con agua destilada y repetir el procedimiento por lo menos 2 veces más, de modo de obtener tres puntos que varíen en un rango de 18 a 25 golpes.

Se calcula el límite líquido (LL), mediante la siguiente expresión:

$$LL = ((N / 25) \text{ tgb}) * w_n \text{ (porcentaje)}$$

Donde:

w_n = humedad del suelo (porcentaje) correspondiente al rango de 18 a 25 golpes

$tg b$ =pendiente de la curva de flujo en escala logarítmica. El valor de $tg b$ varía entre 0,12 y 0,13. Comúnmente se utiliza el valor de 0,121 el que entrega buenos resultados a pesar de no ser estándar para todo tipo de suelos.

N = número de golpes entre 18 y 25.

(g). Materiales para obtener el límite Plástico

- 20 g de suelo anteriormente secado y tamizado.
- Agua destilada
- Recipiente en donde mezclar agua destilada y suelo
- Espátula de hoja flexible
- Bandeja con superficie homogénea en este caso una de metal.
- Horno de secado.
- Poner análisis de fertilidad colocar

(h). Metodología para determinación el límite plástico

Esta prueba es bastante subjetiva, es decir, depende del operador, el cual debe ayudarse con un alambre u otro material de 3 mm. de diámetro para hacer la comparación y establecer el momento en que el suelo se resquebraja y presenta el diámetro especificado.

La muestra necesaria para realizar este ensayo deberá tener un peso aproximado de 20 gramos.



Figura. 6 Amasando la muestra de suelo para luego obtener el limite plastico.

Para determinar el limite plástico de un suelo se procede a tomar 20 gramos de suelo, el mismo se coloca en una capsula de porcelana. Se le añade agua destilada y se revuelve con una espátula flexible, luego se toma una porción de suelo de aproximadamente 1 cm, se amasa entre las manos y se hace rodar sobre una base homogénea, formando un cilindro.

Cuando se alcance un diámetro aproximado a 3 mm. se dobla y amasa nuevamente, para volver a formar el cilindro, lo que se repite hasta que en el cilindro se observen rasgos de rajaduras. Una vez observadas dichas rajaduras y cilindro se introducen en una capsula y esta debe ser pesadas, el contenido de humedad que tiene el suelo en ese momento representa el límite plástico, luego de pesadas deben ser secadas al horno. Una vez pasadas unas 24 horas las muestras en el horno se dejan enfriar y se pesan. Se deben hacer dos determinaciones y luego obtener su promedio



Figura. 7 muestra de suelo amasado en forma cilíndrica, para determinar el límite plástico.

Cálculos.

$$\text{Límite Plástico} = \frac{(\text{Peso del suelo húmedo} - \text{Peso del suelo seco}) \times 100}{\text{Peso del suelo seco}}$$

Índice de plasticidad.

Para determinar el índice de plasticidad se necesita conocer con anterioridad el límite líquido y el límite plástico del suelo.

Para calcular el índice de plasticidad (IP), se utiliza la siguiente mediante la siguiente expresión: $IP = LL - LP$ (porcentaje)

donde:

LL = límite líquido del suelo (porcentaje)

LP = límite plástico del suelo (porcentaje)

(i). Materiales para obtener la fertilidad del suelo

Para la caracterización de la fertilidad se utilizó una sola muestra representativa para realizarles los análisis químicos para así conocer el potasio cambiante del suelo y otras bases como calcio y magnesio por métodos de espectroscopia de absorción atómica, además de esto determinar de los micronutrientes del suelo hierro, cobre, manganeso y zinc.

- Matraz Erlenmeyer de 125ml
- Vaso químico de 100ml
- Espátula
- Capsula para pesar
- Agitador mecánico
- Embudo
- Papel filtro Whatman No.1
- Pipetas
- Aparato de absorción atómica
- Lámpara catódica para potasio

Reactivos

- Solución extractora de HCl 0.05 y H₂ SO₄ 0.025N adicionar 43 ml. De ácido clorhídrico (d= 1.19) y 6.9ml de ácido sulfúrico (d= 1.84) en aproximadamente 5 litros de agua destilada y completar con agua hasta un volumen de 10litros.
- Solución de LaCl₃ al 1porciento disolver 1 gramo de LaCl₃ en un litro de agua destilada. Solución patrones de K de 2, 4,8 y 12ppm.

(j). Metodología para determinación de la fertilidad del suelo

Se debe realizar la extracción se procede a pesar 5 g de tierra fina secada al aire y colocarlas en un Erlenmeyer de 125ml, se agregan 50ml de la solución extractora, se agitar en un agitador mecánico durante 15 minutos, luego se filtra por gravedad con papel filtro Whatman No.1 para un vaso químico de 100ml.

Luego se realizan las lecturas en el aparato de absorción atómica shimadzu AA-7000

Para esta lectura se prepara disoluciones de la muestra con LaCl_3 de 1:10 (tome una alícuota de 1 ml de la muestra y adicione 9 ml de la solución de LaCl_3 al 1 por ciento).

Luego se prepara la dilución de la muestra con agua destilada de 1:100 y 1:1000 a partir de la dilución con LaCl_3 . Se calibra el aparato de absorción atómica utilizando soluciones de patrones de K de 2, 4, 3 y 12ppm a la longitud de onda de lectura para el potasio con la lámpara catódica de potasio. Se Determina la ppm de la muestra diluida en el aparato de absorción atómica. Se Determina la ppm y meq/100g de K extraíbles en su muestra de suelo. Para la determinación espectrometría de calcio y magnesio y de los micronutrientes cobre, hierro, manganeso y zinc, utilice el mismo extracto utilizado en la determinación del potasio y calibre el aparato de absorción atómica con las soluciones patrones del elemento analizado a la respectiva longitud de onda del elemento con la lámpara correspondiente.

(k). Materiales para determinar la Materia Orgánica del Suelo.

- Erlenmeyer de 500ml
- Pipeta de 10 ml
- Balanza
- Reactivos (dicromato de potasio, disolución ferrosa, indicador de fenilamina, ácido fosfórico concentrado y ácido sulfúrico concentrado)

(1). Metodología para determinar la materia orgánica.

Para determinar la materia orgánico presente en la muestra se procede a pesar 0.5 g de suelo de la subcuena, Luego es transferido a un matraz de Erlenmeyer y se le añade con la pipeta 10ml de dicromato de potasio de concentrado 1N. mezclando el suelo con el dicromato de potasio. Se le añade 20 ml de H₂SO₄ concentrado y se agita por 1 minuto. Se Deja reposar la mezcla por unos 30 minutos. Luego se realiza un ensayo en blanco (sin suelo) de la misma forma. Terminado este paso se le agrega 200ml de agua destilada, 10 ml de H₃PO₄ ya en un soporte donde tenemos una pipeta sobre el matraz se colocan unas 20 gotas del indicador de fenilamina y agitar. Dentro de la pipeta se encuentra una solución ferrosa la cual se deja caer sobre la mezcla en el Erlenmeyer hasta que se obtenga un color verde brillante. Que es que nos indica la presencia de materia orgánica.

Para determinar la materia orgánica utilizamos la siguiente expresión:

$$\text{porcentaje M.O:10 (1-T/S) X 1.34}$$

S= valorización en blanco

T= valorización de la muestra

(l) Materiales para determinar el pH del suelo.

- Medidor de PH (potenciómetro)
- Vasos químicos de 50 y 100 ml
- Varillas de vidrios
- Botella lavadora
- Balanza
- Espátula
- Cilindro graduado de 25 ml.
- Soluciones como las amortiguadoras de pH 4.00, 7.00 y 8.00.
- Soluciones de kcl 1N.
- Soluciones de cacl₂

(m). Metodología para determinar el pH del suelo.

Para determinar el pH del suelo se debe realizar una suspensión suelo-agua en relación 1:2.5, luego se coloca 10 g de tierra fina seca al aire en un vaso químico de 50 ml rotulado y adicional 25 ml de agua destilada o desionizada. Se Agita con la varilla de vidrio (Individual) por unos minutos y luego periódicamente hasta 30 minutos. Luego se conecta el potenciómetro, por lo menos 30 minutos antes de ser usado. El mismo se calibra el potenciómetro con la solución amortiguadora pH 4.00, pH 7.00 y pH 8.00, se Agita cada suspensión con la varilla de vidrio, sumergir el electrodo en la suspensión homogenizada y proceder a la lectura del pH. Se determinará el pH en una suspensión de

suelo KCl 1N en relación con 1:2.5, colocando 10 g de tierra fina seca en un vaso químico de 50 ml y adicional 25 ml de la solución KCl 1N, proceder de la misma forma indicada para la determinación del pH en agua.

(n). Materiales para generar los mapas.

- ArcGIS (con licencia de uso)
- Base de datos con información del área a trabajar.
- Planet Labs
- Drone phantom 4 PRO, marca DJI

(o). Metodología para generar los mapas.

(p). Mapas generados por ArcGIS

Para la realización de los mapas de pendiente, isoyetas, uso de suelo, sitios de muestreo, de lugares Poblados y vías de accesos se utilizó ArcGIS, herramienta utilizada para realizar los mapas con el fin de obtener una visualización eficaz de los que se quería observar en los mapas. esta información fue corroborado por las tomas aéreas realizadas por el drone phantom (marca) en el áreas de estudio a través de los vuelos realizados por este en la subcuenca dicha información fue obtenida por distintas bases de datos, como de la Autoridad del Canal de Panamá, Empresa de Transmisión Eléctrica S.A (ETESA), Ministerio de Ambiente y también se utilizó Planet Labs, esta es una compañía dedicada a la captura y procesamiento de imágenes terrestres, esta consiste en un satélite que recorre la tierra cada 90 minutos, obteniendo imágenes satelitales en tiempo real, con la

ayuda de este satélite se obtuvieron imágenes satelitales en distintos mosaicos, de todas las imágenes obtenidas se hizo la selección de las más adecuadas, las que nos permitieran observar sin ninguna nubosidad lo que se refleja sobre la superficie terrestre, además de estos también se utilizaron drones que se sobrevolaron sobre la subcuenca para así obtener imágenes aéreas del área y corroborar toda la información generada por los mapas.

Los mapas que se realizaron para el desarrollo de esta investigación fueron:

(q). Mapa de pendiente

Este mapa fue elaborado con una base de datos del Ministerio de ambientes, que poseía la información de pendiente del área de estudio, con la ayuda de esta se generó una base de datos en ArcGIS en donde decidió trabajar con rangos de pendiente como metodología para identificar las altas pendientes y las bajas y así separar las más altas de las más bajas y luego identificar las áreas más susceptibles que por pendiente, serían las más altas de la subcuenca.

Este mapa de pendiente posee rangos que van desde 0 a 8 por ciento, 9 a 15 por ciento, 16 a 25 por ciento, 26 a 45 por ciento, 46 a 75 por ciento y de pendiente mayores a 76 por ciento. Son en total seis rangos de pendiente que nos permiten analizar la vulnerabilidad de la subcuenca a deslizamientos, para luego identificar las comunidades atribuida a las pendientes susceptibles y que estarían en riesgo a deslizamientos.

(r). Mapa de Isoyetas

Este mapa se realizó con el objetivo de conocer la información precisa de precipitación que cae sobre la subcuenca, el mismo se trabajó en base de que se quería conocer los datos de precipitación precisos para la subcuenca, y es que si existen estación hidrometeorológicas, pero estas se encuentran fuera de la subcuenca, adyacentes a esta, por lo que los datos que esta generaran, no serían datos precisos para la precipitación de la subcuenca, es por ello que se elaboró un mapa de isoyetas con datos de las estaciones adyacentes , el dato escogido para realizar el mapa, fue el dato de precipitación anual para un año niña ,este año fue el año 2010, año en el que se presentó el evento de la Purísima, obteniéndose datos de precipitación elevados, conociendo los datos para cada estación, se interpolo, arrojándonos las curvas de isoyetas , cada curva representa la precipitación predominante para el área.

(s). Mapas de cobertura boscosa

Realizado con la ayuda de la compañía estadounidense Planet Labs, Inc, se obtuvieron imágenes satelitales que muestran la cobertura boscosa y uso del suelo de la subcuenca. Estas imágenes fueron seleccionadas, buscando las de con poca nubosidad, en donde se pudiera observar detalladamente la cobertura boscosa, una vez obtenidas las imágenes, están eran procesadas con la ayuda ArcGIS para luego generar un mapa en donde se observará la cobertura de boscosa de la subcuenca.

(t). Mapa de poblados, vías de acceso

Este mapa también fue creado con la ayuda de Planet Labs, como ya antes se había mencionado este satélite monitorea cada 90 minutos el área de estudio, mostrándonos todo se observa sobre la superficie, lo que nos funciona para observar las comunidades que se encuentran en el área de estudio, además de esto nos muestra los caminos que se encuentran en la subcuenca, permitiéndonos así más tarde generar una base de datos ráster que nos permite generar mapas con la ayuda de ArcGIS.

(u). Mapa de los sitios de muestreo

El mismo muestras los puntos coordinados en donde se tomaron las muestras de suelo, para granulometría, densidad aparente, límites de Atterberg y que luego fueron analizadas en el laboratorio, estas muestras fueron tomadas en distintos lugares de la cuenca, para así obtener información del estado de los suelos de la subcuenca.

(v). Mapa multicapas

En donde muestra cobertura boscosa sobre pendiente este es un mapa que recolecta en uno, toda la información generada de pendiente, isoyetas y cobertura boscosa, todos integrados en uno solo para así identificar las áreas de mayor vulnerabilidad.

(w). Drone phantom 4 PRO

Para el apoyo de las imágenes salíaste Este es el dron de la marca Dajiang Innovation Technology (DJI) es un vehículo aéreo no tripulado modelo Phantom 4 Pro. Posee una cámara con un sensor de 20 megapíxeles y una pulgada de tamaño, lo que nos permitió obtener imágenes de muy buena calidad, en donde se podían observar algunos procesos de erosión que se dan en la subcuenca en la subcuenca, este dron posee una altura máxima configurada de 120 metros, puede volarse a más altura, pero no es lo recomendado, este alcanza una distancia máxima de cinco kilómetros, pero no se recomienda volarlo a más de un kilómetro.

El uso que se le dio al dron en la investigación, fue para la obtención de imágenes captada en cada sobrevuelo efectuado por el mismo, además de obtener imágenes aéreas de la subcuenca nos funcionó para la corroboración de las imágenes satelitales obtenidas por Planet Labs.

(x) Encuestas realizadas.

Se realizaron encuestas con un total de 27 preguntas directamente ligadas al tema central, deslizamientos e inundaciones la misma fue aplicadas dentro de la cuenca de estudio en este caso la Subcuenca del Gatún ya que las personas habitantes de la misma son las directamente afectadas por dicho anteriormente tema central.

Es importante conocer el nivel de conocimiento que estas poseen acerca del tema y no principalmente me refiero a saber si se han dado o no deslizamientos e inundaciones sino profundizar en temas más sensitivos como el de medidas preventivas conocidas por los encuestados.

El objetivo de esta labor realizada, encuestas, es el conocer que tanto conoce el habitante de lo que ocurre en su cuenca y que sabe el mismo que debe hacer para prevenir y así evitar dicha problemática.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el desarrollo de la siguiente investigación se analizaron diferentes parámetros como son las propiedades físicas de los suelos. Luego de coleccionar las muestras de suelos en campo fueron analizadas por rangos de pendiente. Se decidió trabajar con rangos de pendiente como metodología para analizar los suelos que forman parte de nuestra subcuenca. Para cada rango de pendiente se tomaron muestras de suelo con sus respectivos parámetros analizados. Esta es una subcuenca con un numero de orden de 5 con una relación de bifurcación 1-2 de 4.31, de 2-3 de 5.2, de 3-4 de 4.0 y de 4-5 de 1.

CUADRO I PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO GATÚN

Parámetro	Unidades	Rango de pendiente					
		0-8%	9-15%	16-25%	26-45%	46-75%	>76%
Arena	%	78.67	33.22	18.85	33.77	27.29	31.47
Arcilla	%	8.44	64.02	66.81	46.06	46.05	52.88
Limo	%	12.87	2.75	14.35	20.16	26.65	15.64
Textura	---	Arena Franca	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla limosa	Arcilla
Densidad Aparente	g/cm^3	1.15	1.01	1.06	1.25	1.01	1.01
Límite Líquido	%	29.85	63.85	63.67	47.6	60.0	61.5
Límite Plástico	%	28.15	50.24	53.91	41.45	56.0	52.26
Índice de Plasticidad.	%	1.7	13.61	9.76	6.15	4	9.24

Como podemos observar en el Cuadro I, los suelos de la subcuenca del río Gatún presentaron en su mayoría una textura arcillosa. La arcilla es la fracción mineral más activa del suelo y ayuda a la cohesión estructural, pero a la vez retiene mucha agua por lo que tienden a tener un límite líquido más alto. El mayor porcentaje de arcilla lo presentan los suelos en el rango entre 16 y 25 por ciento de pendiente con 66.81 por ciento seguido por 64.02 para las pendientes entre 9 y 15 por ciento. El menor contenido de arcilla se presenta en los suelos aluviales, más arenosos de pendientes bajas. Para las áreas más vulnerables por pendiente predomina la textura arcillosa.

La **densidad aparente** refleja el estado de compactación de los suelos siendo menor en suelos no disturbados. Según los resultados del Cuadro 1, los suelos de la cuenca del río Gatún demuestran valores entre 1.01 y 1.25 gramos por centímetros cúbicos. El valor más alto de densidad lo encontramos en las pendientes entre 26 y 45 por ciento y los más bajos pertenecen a los suelos del rango de pendiente que va desde 46 a 75 por ciento con un resultado para densidad aparente de 1.01 gramos por centímetros cúbicos. Los valores de densidad más bajos están asociados a la parte alta de la subcuenca, área que en su mayoría aún se conserva el bosque maduro de más de 60 años, en donde hay poca o casi nula intervención antropogénica, esto es debido a que gran parte de estos suelos se encuentran dentro del Parque Nacional Chagres, lo que limita las actividades antropogénicas. Los valores de densidad más altos ubicados en pendientes de 26 a 46 por ciento es el rango de pendiente que más área posee sobre en la subcuenca, y es el área en donde más se desarrollan las actividades agropecuarias, en su mayoría ganadería, que

compacta el suelo debido a la carga animal que se tiene sobre el suelo en el que se desarrolla la ganadería.

Estas características físicas del suelo evidencian el suelo más compactado, con poca porosidad, poca infiltración y mayor escorrentía.

Para el parámetro límite líquido de los suelos se obtuvieron valores en su mayoría altos y esto es debido a que los valores del límite líquido dependen de la cantidad de arcilla presente en el suelo; y como anteriormente se observó en los resultados, predomina la textura arcillosa.

y esto nuevamente se refleja en el límite líquido, el resultado más alto obtenido en la subcuenca para el rango de pendiente que va desde 8 a 15 por ciento con un límite líquido de 63.67 por ciento y por otro lado el resultado más bajo es el obtenido para los suelos que pertenecen a la pendiente que va desde 0 a 8 por ciento con un límite líquido de 29.85 por ciento y este también posee el porcentaje de arcilla más bajo de la subcuenca.

El límite plástico, otro de los parámetros analizados, el resultados más alto para este parámetro es el obtenido por el rango de pendiente que va desde 46 a 75 por ciento con un límite plástico de 56.0 por ciento, seguido del rango de pendiente que va desde 16 a 25 por ciento con un límite plástico de 53.91 por ciento; por otro lado y como ya era de esperarse debido al bajo porcentaje de arcilla ,el limite plástico más bajo de la subcuenca es el limite plástico de 28.15 por ciento obtenido por el rango que va desde 0 a 8 por ciento.

Para el índice de Plasticidad se obtuvieron resultados considerado bajos ,el mismo fue obtenido por el rango de pendiente que vas desde 0 a 8 por ciento con índice de plasticidad de 1.7 por ciento ,el más bajo de toda la subcuenca, los suelos que se encuentran en este rango ,son considerados no plástico y esto es debido su bajo índice de plasticidad, seguido de este, tenemos el rango de pendiente que va desde a 46 a 75 por ciento con un índice de 4 por ciento y el índice de plasticidad de 6.15 por ciento obtenido por el rango dependiente de 26 a 45 por ciento lo que nos indica que estamos frente a suelos muy sensible a cambios de humedad, esto quiere decir que estos son suelos a los que un pequeño incremento en el contenido de humedad hará que estos pasen de semisólidos a fluir como un líquido denso.

Por otro lado, tenemos el suelo con el índice de plasticidad más alto para la subcuenca y este índice lo posee el rango de pendiente de 9 a 15 por ciento con un índice de 13.61 por ciento, seguido del índice de plasticidad para el rango de 16 a 25 por ciento de 9.76 por ciento; esto quiere decir que estos son suelos que necesitan mucha más humedad, que los anteriormente mencionados, para pasar de un estado semisólido a un estado líquido los que los hace suelos menos vulnerables a deslizamientos.

Parámetro	pH	P	K	Ca	Mg	Acidez
Resultado	3.93	1	75	0.86	3.32	6.5
Unidad	En Agua (1:2.5)	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g
Evaluación	Muy acido	Bajo	Medio	Bajo	Alto	Medio
Parámetro	Aluminio	Materia Orgánica	Fe	Cu	Mn	Zn

Resultado	4.1	2.36	67	16	37	2
Unidad	meq/100g	%	ppm	ppm	ppm	ppm
Evaluación	Baja	Baja	Medio	Alto	Medio	Baja

CUADRO II PROPIEDADES QUÍMICA DEL SUELO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO GATÚN

Según los resultados obtenidos para conocer la fertilidad del suelo, estos para conocer de manera general la fertilidad del suelo de la subcuenca y como se observa en los resultados esta subcuenca posee según los resultados estamos frente a un suelo muy ácido, con pocos bajos niveles de Fósforo(P), Calcio(Ca), Aluminio (Al), Materia Orgánica y Zinc (Zn), este es un suelo que posee bajos niveles de micronutrientes en su estructura química.

Encuestas aplicadas al área de estudio.

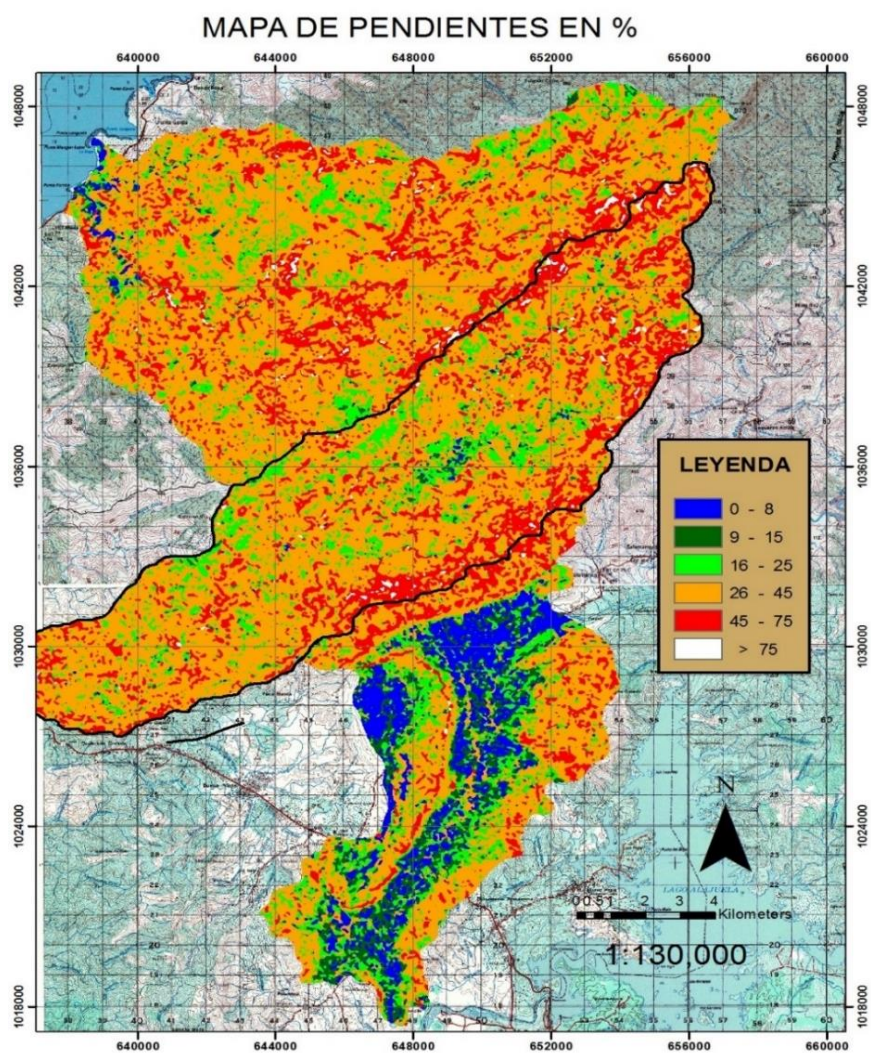
Luego de analizadas las encuestas realizadas podemos llegar a la conclusión de que la Comunidad de Santo Domingo es una comunidad en donde se han presentado Deslizamientos en varios años y la mayoría de los habitantes de esta comunidad desconoce que hacer para prevenirlos y además desconocen los organismos que le prestan ayudas a comunidades en momentos donde se den los deslizamientos, además de esto también se observa de que estas es una comunidad en donde no se han dado inundaciones conocida por los habitantes de la misma.

Por otra parte, para el área del Limón se observa una marcada tendencia a que no ha conocimiento de que en esta área se hayan dado deslizamiento de igual manera una marcada tendencia al desconocimiento de medidas preventivas, planes de contingencia y autoridades que presente ayuda al momento de presentarse un desastre natural.

Elaboración de mapas

Esta investigación se realizó bajo el Proyecto IDDS-15-210 “Desarrollo de técnicas y procedimientos para la prevención, gestión de riesgos y evaluación de desastres naturales en tres cuencas seleccionadas de la provincia de Colón utilizando teledetección y SIG” del SENACYT (La Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología) en este proyecto se trabajan en tres subcuencas de la provincia de Colón ,las mismas son Río Piedras, Río Gatuncillo y Río Gatún, la subcuenca de estudio para esta investigación en particular es la subcuenca del Río Gatún, la misma se observara en los mapas delimitada para que de esta manera sea más fácil distinguirla.

Los mapas que se realizaron para el desarrollo de esta investigación fueron mapa de pendientes , este es el mapa más importante, ya que con este mapa se identifican las áreas de mayor pendiente, que serán las áreas más vulnerable a deslizamientos, otro mapa realizado es el de Isoyetas, con el objetivo de conocer la información precisa de precipitación que cae sobre la subcuenca, además de estos también se realizaron mapas de cobertura boscosa, de poblados, vías de acceso y mapa de muestreo en donde se muestras los puntos de recolecta de las muestras de suelo , y finalmente mostraremos un mapa multicapas en donde muestra cobertura boscosa sobre pendiente que nos ayudara a identificar las áreas de mayor vulnerabilidad.



Mapa No. I. Mapa de Pendiente del Terreno de la Subcuenca del río Gatún

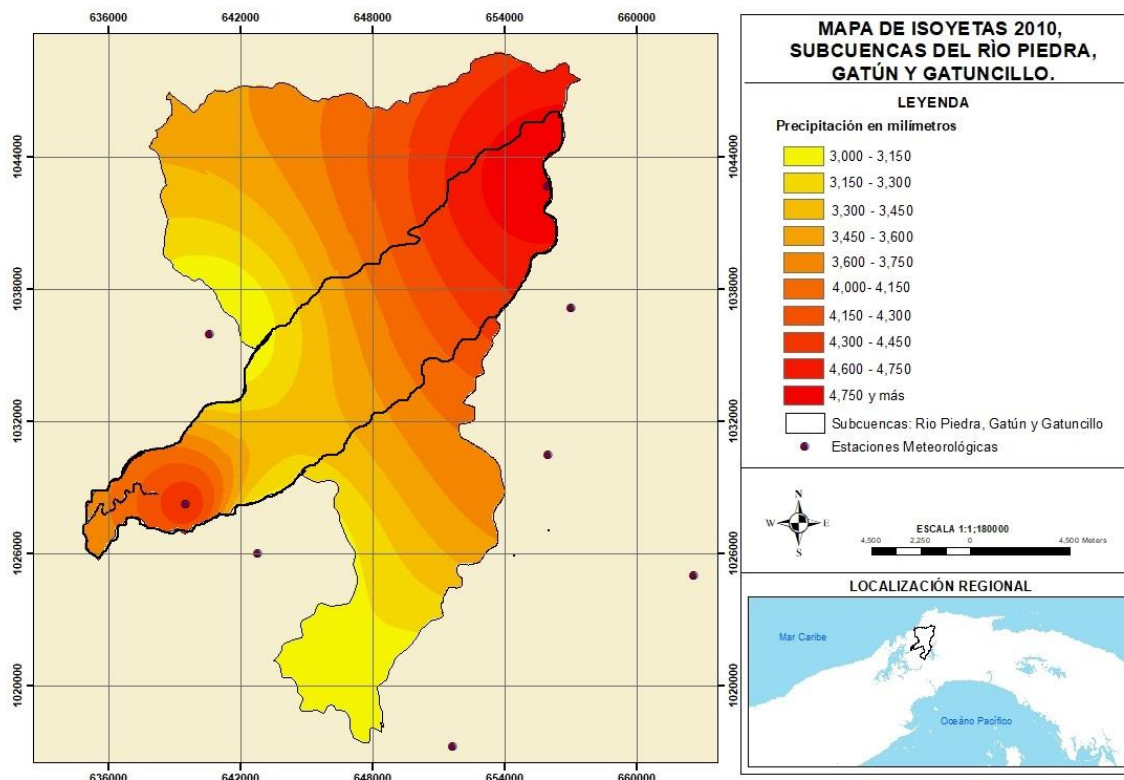
En el Mapa 1 se muestran los rangos de pendientes para la subcuenca del río Gatún delimitados en negro y en distintos colores correspondientes a cada rango de pendiente.

De manera general se observa que predominan las pendientes altas, mayores de 26 por ciento.

Se puede observar que la pendiente que tiene más área sobre la subcuenca es la pendiente que va desde 26 a 45 por ciento, además de esto también se observa que hay pocas áreas con pendiente baja de 0 a 8 por ciento.

Las áreas de mayor vulnerabilidad a deslizamientos son aquellas en donde predominan la mayor pendiente para este mapa serán las áreas que tengan el color rojo, con pendientes de 46 a 75 por ciento y el color blanco para las áreas de >76 por ciento, generalmente estas áreas están asociadas al divisorio de aguas de la subcuenca.

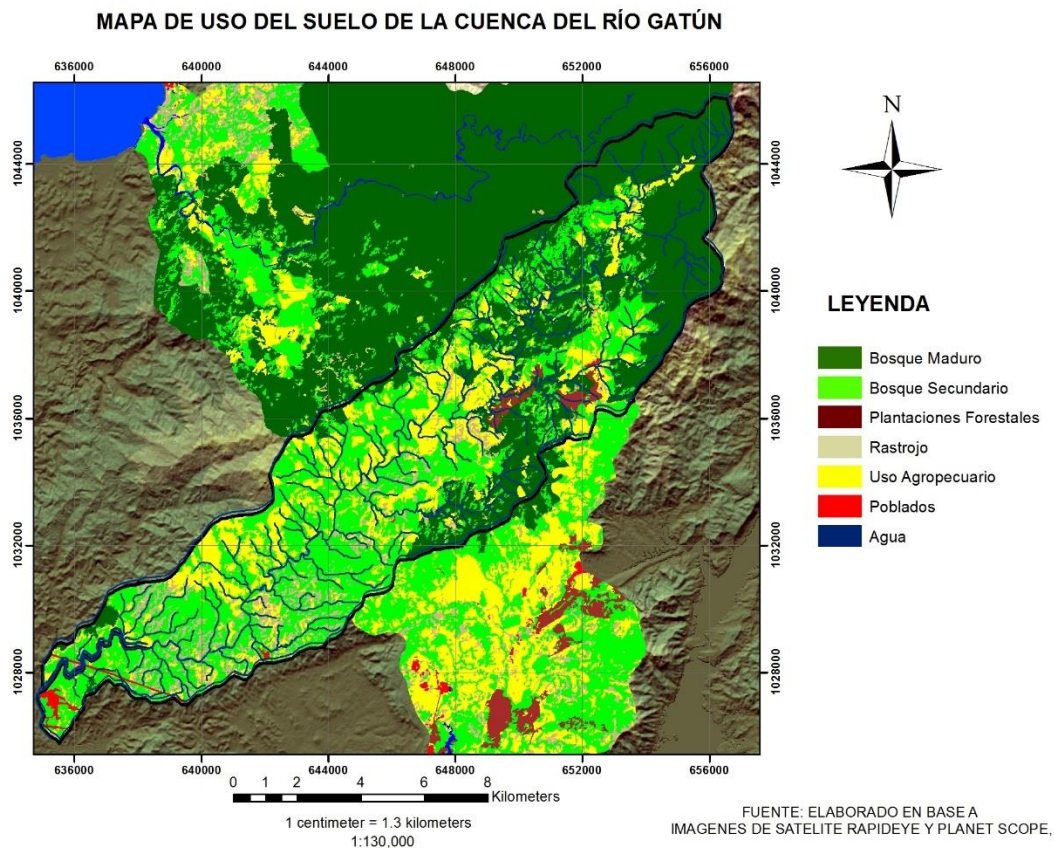
Mapa No. II. Isoyetas Anuales para las Subcuencas del río Gatún, Gatuncillo y Piedras.



En el Mapa No. II se presentan las Isoyetas anuales sobre las subcuencas del Río Gatún, Gatuncillo y Piedras

En el presente mapa se observan las 3 cuencas Río piedra, Gatún y Gatuncillo para esta investigación en particular la subcuenca de estudio es la que se ve delimitada en negro, Gatún, en este mapa se muestran las isoyetas anuales para el área , las mismas van desde los 3000 milímetros, precipitación más baja , hasta 4750 ,precipitación máxima anual de la subcuenca, con la ayuda de este mapa se conocen las áreas de mayor precipitación para la subcuenca, estas áreas de mayor precipitación poseen datos 4,750 milímetros de precipitación anual, y predomina en la parte alta de la subcuenca, área que ya es vulnerable por las altas pendiente se le adiciona otra característica, alta precipitación que la hace aún más vulnerable.

Mapa No. III Cobertura boscosa sobre a Subcuenca del río Gatún

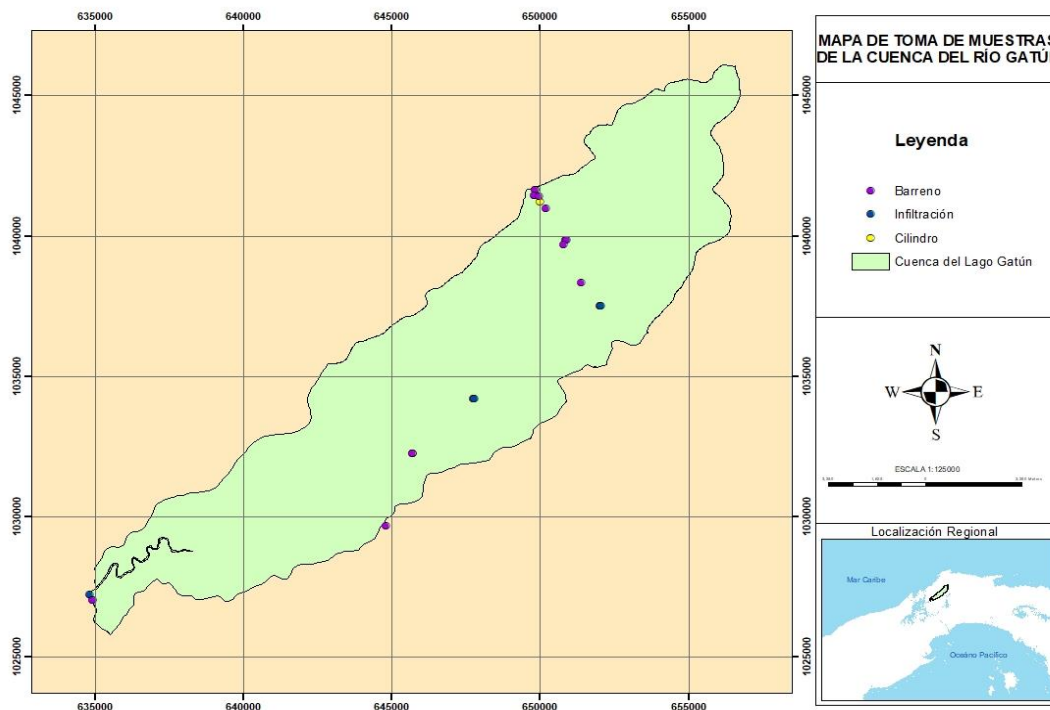


Otro de las características que es necesaria conocer para determinar la vulnerabilidad a deslizamientos, es la cobertura boscosa, esta cobertura nos indicara las áreas más desprotegidas, área en donde no haya bosque, la cual será área más vulnerable si solo de cobertura boscosa se tratase, pero hay que recordar que esta es una característica modificadora de la vulnerabilidad, lo quiere decir que para que exista un deslizamiento en una área sin bosque, se deben tener otras características, la principal para que se dé un deslizamiento son las altas pendientes, contrario a esto si estamos frente a un área sin cobertura boscosa y con poca pendiente, esta será un área sin riesgo a deslizamiento.

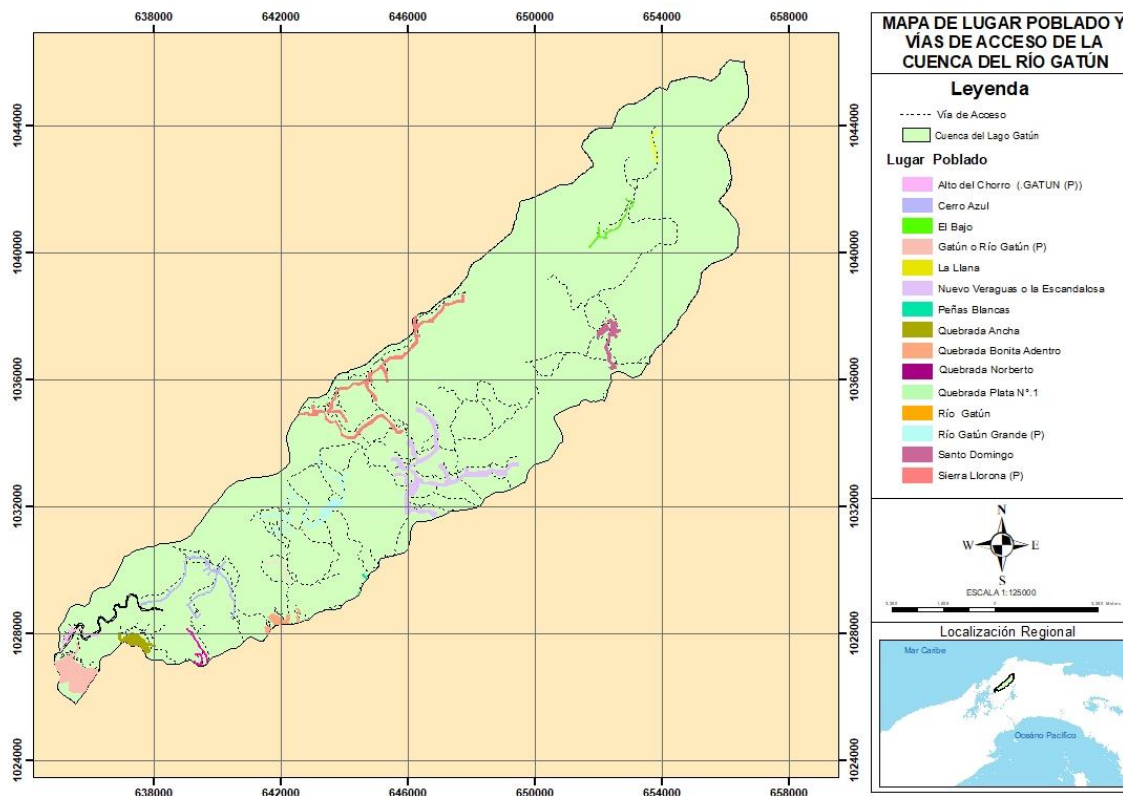
En el mapa de cobertura boscosa podemos observar que en la parte alta de la subcuenca aún se conserva los bosques maduros, pero para esta área ya tenemos dos factores que la

hacen vulnerables, pendiente y precipitación, por lo que para estas áreas al momento de presentarse una precipitación baja, existirá poco riesgo a deslizamiento, pero si se llegase a presentar un evento de precipitación extremo el bosque no tendrá mucha influencia sobre estos, ya que los suelos llegarían al límite líquido, como ocurrió en la Cuenca alta del Lago Alajuela en 2010, desencadenando deslaves.

Mapa No. IV. Sitios de muestreo de suelos en la subcuenca del Rio Gatún

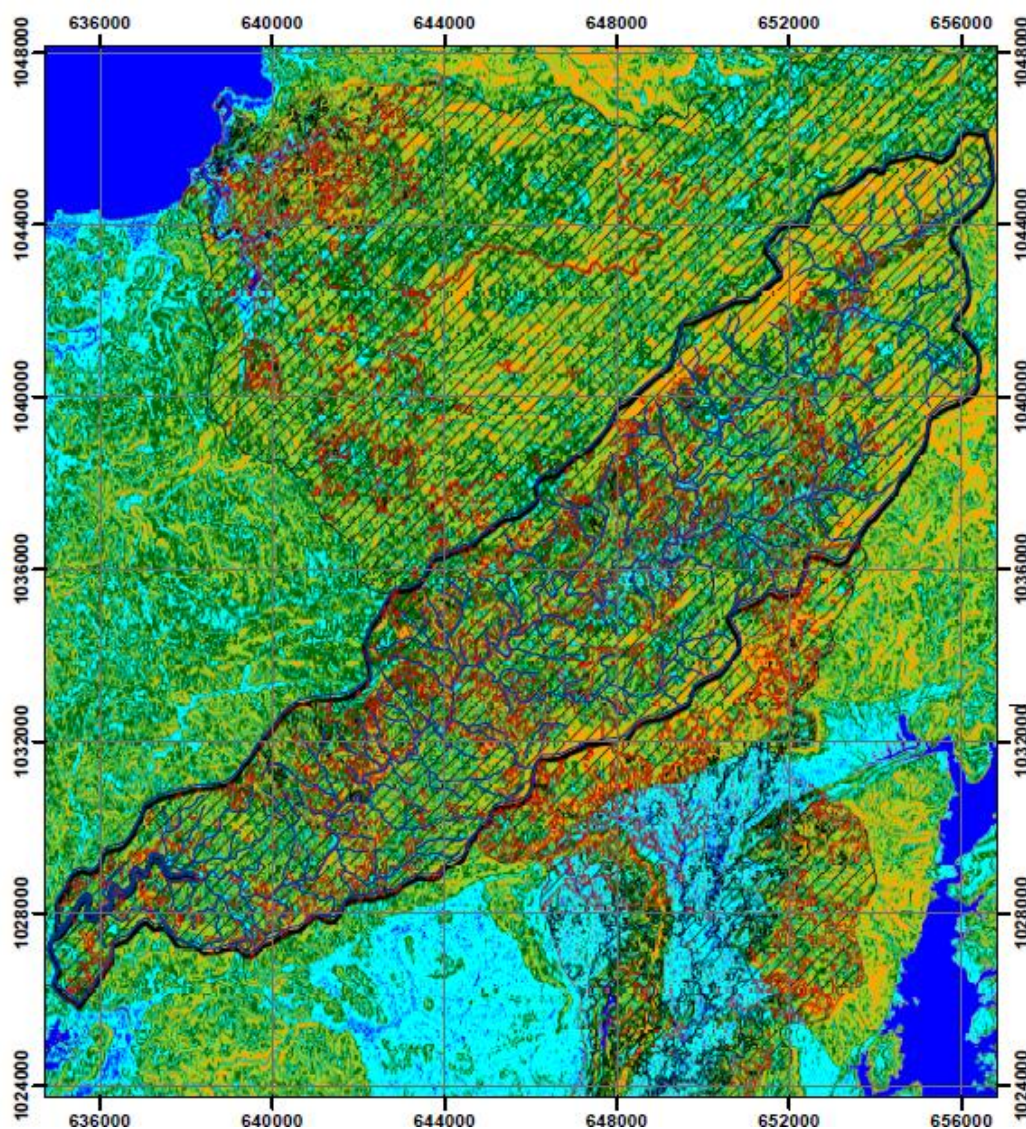


En el mapa con los sitios de muestreo se ubican los sitios donde se tomaron muestras de suelo para luego ser analizadas en el laboratorio de suelos. Estas muestras nos ayudaron a evaluar la textura, densidad, límites atterberg del suelo de la subcuenca, esta información detallada con anterioridad nos permite conocer a través de las características físicas del suelo, cuáles son las áreas de mayor vulnerabilidad en base a las áreas de muestreo, estas muestras fueron obtenida en áreas en donde se pudo acceder, ya que la mayoría de estas áreas son de difícil acceso.



Mapa No. V Lugares Poblados y vías de accesos de la subcuenca del Río Gatún.

En este mapa se muestran todos los poblados que forman parte de la subcuenca del río Gatún además de estos, sus caminos de acceso , la vía principal para la subcuenca es la carretera Transístmica, la misma pasa por la parte baja de la subcuenca adicional a esta existe una vía principal que pasa por la subcuenca, la misma se encuentra en la parte media y baja de la subcuenca, aparte de estas se caminos adyacentes a la vía principal predominado por cortes primarios, realizados por los propios pobladores, caminos la mayoría inaccesibles para época de lluvia.



Mapa

No. VI.

Cobertura
Boscos

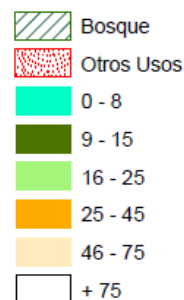
a y
Pendiente

ente en
la

subcuenca
del

rio
Gatún.

LEYENDA

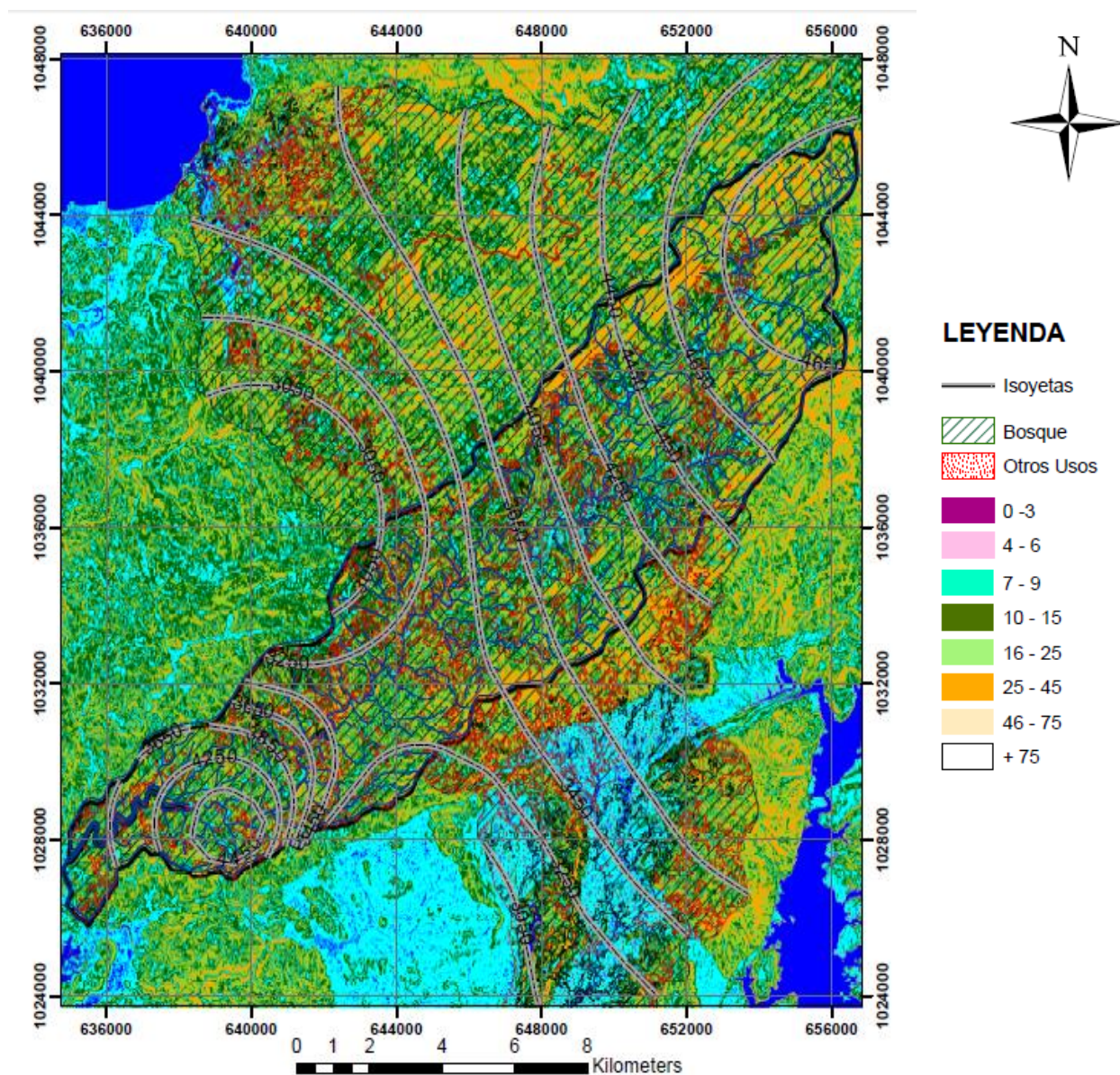


El siguiente mapa muestra las pendientes y adicional a esto el uso que se le da al suelo ya sea forestal o agropecuario, esto nos ayudara a determinar las áreas de mayor vulnerabilidad a deslizamientos.

Las áreas que presentaran una mayor vulnerabilidad a deslizamientos son aquellas áreas que presentan los factores de alta pendiente, mayor precipitación, menor índice de plasticidad y como factor modificador de la vulnerabilidad tenemos la actividad o uso que se le da al suelo (uso agropecuario, uso forestal). En este caso las áreas en las que se desarrollen actividades agropecuarias son mucho más vulnerables que aquellas en donde aún se conserve el bosque.

Generalmente para esta subcuenca las áreas asociadas al divisorio de agua son las que presenta las mayores pendientes, mayor precipitación por lo que dichas áreas son las más vulnerables a deslizamientos.

Mapa N° VII Cobertura Boscosa, Isoyetas y Pendiente en la subcuenca del río Gatún.



Para este mapa en la parte alta de la subcuenca se observa un panorama de áreas vulnerables a deslizamientos, ya que, esta área presenta mayor pendiente, con rangos de 46 a 75 por ciento y más, mayor precipitación, precipitación anual de 4,650 milímetros, un bajo índice de plasticidad, 4 a 9.24 por ciento y un porcentaje de arcilla de más de 46.06 por ciento.

En estas condiciones si se llegase a presentar un evento de fuerte precipitación provocaría la saturación completa del suelo y por ende provocaría deslizamientos. Es importante mencionar que estas áreas están bajo condiciones naturales, es decir la gran mayoría de estas áreas aún conservan sus bosques, y como ya antes mencionado las áreas que aún conservan sus bosques son menos vulnerables a las que no las conserven.

Pero esto no quiere decir que en estas áreas no se den deslizamientos, al contrario, es importante conocer y saber que en áreas sin intervención antropogénica también se pueden dar deslizamientos de manera natural y esto es debido a que son áreas que muchas veces presentan alta pendiente y alta precipitación, las comunidades que se asocian a estas áreas, por ende, son las comunidades que se encuentran más vulnerables a deslizamiento. En la subcuenca del río Gatún las comunidades serían: **La Llana, El Bajo**(ambas están en la parte más alta de la subcuenca)en estas áreas no se observa mucha intervención antropogénica, la mayoría de las actividades que se desarrollan en estos poblados son de subsistencia, en poca escala, aún se conservan para estas áreas los bosque maduros ; y esto se observa ya que estas comunidades están adyacentes a los yacimientos del río principal , que se encuentra dentro del Parque Nacional Chagres, su objetivo principal es el de protegerlos, es por esto que se observa este panorama de conservación ya que para las comunidades que forman parte de un área protegida se le limitan las actividades que pongan en riesgo el bosque; además de estos también para estas áreas se observan vías de acceso rurales (camino de tierra)muchas veces estos realizados por los propios pobladores del área.

Las áreas con pendiente de 26 a 45 por ciento son áreas menos vulnerables que las anteriores, si de pendiente se tratase; estas pendientes son las que predominan en la

subcuenca, son las que mayor área poseen, por ende, están asociadas a actividades agropecuarias, lo que las hace más vulnerables por este uso que le dan al suelo desprotegiéndolo lo que los hace vulnerable.

El índice de plasticidad es bajo de 6.15 por ciento con un porcentaje de arcilla de 46.06 por ciento, lo que los hace suelos más susceptibles a cambios de humedad, con una elevada precipitación de 4,450 milímetros anuales. Estos suelos pueden cambiar de un estado plástico a líquido, lo que se provocarían deslizamientos, para estas áreas vulnerables están asociadas las siguientes comunidades: **Santo Domingo, La Escandalosa, Sierra Llorona**, ya para estas áreas se observa mayor intervención antropogénica, se observan más potreros, más erosión del suelo, y por ende mucha más vulnerabilidad, ya que es un suelo sin resistencia y esto es debido a la deforestación que se da para la introducción de la ganadería.

Para las áreas con pendiente de 9 a 25 por ciento son las áreas de la cuenca menos vulnerable que las anteriores, ya que estas presentan bajos porcentajes de pendiente, menor precipitación, índices de plasticidad altos, comparándolos con los demás índices de plasticidad de la subcuenca. A estas áreas están asociadas la mayoría de los poblados de la subcuenca ya que estas son las áreas más habitadas, estos poblados son: **Cerro Azul, Quebrada Ancha, Quebrada Bonita, Quebrada Norberto, Quebrada Plata N°1, Peñas Blancas, Río Gatún Grande**. Se observan también restos de bosque ribereño sobre el río y las pequeñas quebradas; ya para estas comunidades se posee una vía principal asfaltada; pero muy deteriora, los caminos periféricos a esta son de tierra.

Para la parte baja de la cuenca estas áreas poseen la pendiente más baja de toda la cuenca con rangos que van desde 0-8 por ciento estos se encuentran en la parte más baja cerca de

la desembocadura del río, esta parte es la que posee los índices de plasticidad más bajos 1.7 por ciento, además de estos, estos poseen bajo porcentaje de arcilla con un total de 8.44, para el área muestreada, también poseen un total de precipitación anual de 3,650 milímetros una precipitación baja en comparación a las anteriores, esta son áreas menos vulnerable por su baja pendiente, por lo que los deslizamientos no son una problemática para las comunidades que estén estas áreas esta comunidades son: **Alto del Chorro (Gatún), Río Gatún(Principal), Río Gatún .**

5. CONCLUSIONES

Luego de conocer los resultados obtenidos para la subcuenca podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- La subcuenca del río Gatún se encuentra medianamente intervenida, se observan en ella aun reductos de bosque maduro; las altas precipitaciones y las altas pendientes la hacen más vulnerables a deslizamientos.
- Las áreas que posean más altas pendientes y mayor precipitación son las que presentan más vulnerables a deslizamientos.
- Cuando los suelos se saturan debido a altas precipitaciones llegando al límite líquido los mismos fluyen como un líquido denso, y esto se observa en las áreas que presenten mayor precipitación. para este caso serían las áreas en donde la precipitación anual va desde 4,350 milímetros hasta más de 4,750 milímetros, la misma predomina en la parte alta de la subcuenca, por ende, estas será la más vulnerables. Los poblados que se encuentra con mayor vulnerabilidad son: **La Llana, El Bajo, Santo Domingo, La Escandalosa y Sierra Llorona.**

6. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios más detallados, debido a que el actualmente presentado no es un estudio detallado, ya que las muestras obtenidas pertenecen a áreas la cuales se

podían acceder, estos estudios detallados deben tomar en cuenta el factor geológico, incluyendo en el las falas locales existentes en el área de estudio.

- Proponer medidas de mitigación y ordenamiento para así minimizar el impacto que producen los deslizamientos a las comunidades que se encuentran más vulnerables.
- Implementar planes la reforestación, agroforestería y silvicultura en las partes alta de la cuenca para tratar de rejuvenecer el bosque y así ayudar a mejorar la estructura de los suelos.

7. REFERENCIAS CITADAS.

Aguirre, B. (agosto de 2002). Los desastres en Latinoamérica: vulnerabilidad y resistencia. Referencia: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-25032004000300002&script=sci_arttext

Andrew Maskey. 1998. NAVEGANDO ENTRE BRUMAS. LA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA AL ANÁLISIS DE RIESGO EN AMÉRICA LATINA. 293 pág. Disponible en <https://books.google.com.mx/books?id=YiWxRrb28mMC&printsec=frontcover&dq=Aplicaciones+de+los+SIG+al+an%C3%A1lisis+y+gesti%C3%B3n+del+riesgo+de+inundaciones&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjVmvuN48vWAhXlqVQKHT8kDrIQ6AEIJTAA#v=onepage&q&f=false>

Banco Mundial, BR. Cómo evitar que los desastres naturales causen terremotos en las economías latinoamericanas (en línea). Brasil, BR. Consultado 18 mar. 2017. Disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2017/01/17/reporte-perdidas-economicas-causadas-desastres-naturales-brasil-latinoamerica>

C. Cabarillo, S. Goldberg. 2014. Comunidad e Información Ambiental del Riesgo. Buenos Aires. AR. 159 pág. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=7ZmBAAAQBAJ&pg=PA110&dq=An%C3%A1lisis+de+Sistemas+de+Gesti%C3%B3n+del+Riesgo+de+Desastres+y+SIG&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigsPuN6d_WAhXkyoMKHeKJDLY4ChDoAQgkMAA#v=onepage&q=An%C3%A1lisis%20de%20Sistemas%20de%20Gesti%C3%B3n%20del%20Riesgo%20de%20Desastres%20y%20SIG&f=false

Cardona, D. (agosto, 2012). Gestión ambiental para la prevención de desastres.

Referencia: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1464>

Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), PA. Política Centroamericana de Gestión Integral del Riesgo de Desastres (PCGIR). (En línea) .Panamá, PA. Consultado 23 de mar. 2017. Disponible en:

http://www.sela.org/media/politica_centroamericana_de_gestion_integral_del_riesgo_de_desastres_-_pcgir.com

Comisión internacional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, PA. Plan de acción inmediata Subcuenca del Río Gatún. (En línea). Panamá, PA. Consultado 18 mar. 2017. Disponible en: <http://www.cich.org/publicaciones/5/pai-gatun.pdf>

Diagnóstico recomienda fortalecer e integrar más la gestión de riesgo de desastres y la resiliencia en Panamá. (Ene, 2016). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Referencia: <http://www.pa.undp.org/content/panama/es/home/presscenter/pressreleases/2016/01/12/diagn-stico-recomienda-fortalecer-e-integrar-m-s-la-gesti-n-de-riesgo-de-desastres-en-panam-.html>

Empresa de Transmisión Eléctrica. ETESA. Panamá. PA. (En línea). Disponible en: http://www.hidromet.com.pa/open_data.php

FAO (1996). Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Guía
FAO

conservación 13/6.(En línea). Disponible en: <http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12820628912320/fao20manejo20de20cuencas.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. USA. Análisis de Sistemas de Gestión del Riesgo de Desastres (en línea) Roma IT. Consultado 7 sep. 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i0304s.pdf>

Fundamentos físicos de la teledetección. Consultado 6 abr. 2017. Disponible en: <http://www.um.es/geograf/sig/teledet/fundamento.html>

Gestión del riesgo (en línea). Consultado 15 de septiembre 2017. Disponible en: http://www.eird.org/cd/toolkit08/material/proteccion-infraestructura/gestion_de_riesgo_de_amenaza/8_gestion_de_riesgo.pdf

Gestión del riesgo de desastres para un desarrollo con capacidad de adaptación. (abril, 2014). Banco Mundial (BD)

Referencia:<http://www.bancomundial.org/es/results/2013/04/12/managing-disaster-risks-resilient-development>

Gestión del riesgo de desastres. (abril ,2016). Banco Mundial (BD).

Referencia:<http://www.bancomundial.org/es/topic/disasterriskmanagement/overview>

Gestión de riesgos e inocuidad de los alimentos. (Estudio FAO Alimentación y Nutrición - 65). (1997) . IT. (en línea). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/W4982S/W4982S00.htm>

Guevera, A. 1995. Guía para la implementación de un Sistema de Información Geográfica para la planificación regional y nacional. En: aplicación de nuevas

tecnologías al tratamiento de información geográfica. Sigüenza. Universidad Alcalá de Henares. 16 pp. Inédito.

González, J. (noviembre, 2007) El concepto de resiliencia en la gestión de desastres.

Referencia:<https://www.icog.es/TyT/index.php/2007/11/concepto-resiliencia-la-gestion-desastres>

Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censos año 2000 y 2010. Panamá. PA. (En línea) .Disponible en:

https://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=53&ID_PUBLICACION=542&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=9

Instituto nacional de estadística y geografía. Imágenes satelitales, México. (En línea).

México, ME. Consultado 6 de abril 2017. Disponible en;<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/>

Irrázaval, F. (junio de 2015). Adaptación al cambio climático y gestión de riesgos naturales: buscando síntesis en la planificación urbana. Referencia:

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022016000100006

Jean Dercourt Jacques. 1984. Geología. 421 pág. Disponible en:

<https://books.google.com.pa/books?id=K89EbQmDS9UC&pg=PA185&dq=los+deslizamiento+de+tierra&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiQu6PGy4fYAhWETN8KHV6DBnYQ6AEIMjAC#v=onepage&q=los%20deslizamiento%20de%20tierra&f=false>

Jesús G. Martínez de León. 2002. Introducción al análisis de riesgos. 217 pág.

Keller T, Håkansson I (2010) Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma* 406 pag.

NORMA CHILENA OFICIAL NCh1517/1.Of79. Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 1: determinación del límite líquido. Ch. (En línea) Consultado 18 mar. 2017. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/346197089/NCh1517-1-1979-pdf>

La prensa, PA Lluvias causan inundaciones y deslizamientos de tierra en colon (3 de diciembre del 2015) (en línea). Panamá, PA. Consultado 18 mar. 2017. Disponible en: http://www.prensa.com/provincias/lluvias-causan-inundaciones-deslizamientos-colon_0_4360814022.html

La prensa, PA. El río Gatún se desborda en colon, siguen las lluvias en la zona. 19 de diciembre del 2011. (En línea). Panamá, PA. Consultado 18 mar. 2017. Disponible en: http://www.prensa.com/diomedes_sanchez_s/gatun-desborda-colon-siguen-lluvias_0_3277172307.html

López, J. (mayo, 2013). Las paradojas de la resiliencia: miradas cruzadas entre Colombia y Francia. Referencia: <http://www.redalyc.org/html/357/35728173006/>

Luis Lain Huerta. 1999. Los Sistemas de Información Geográfica en los Riesgos Naturales y el Medio Ambiente. Madrid, Es. 222 pág. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=KcXmIbFHgVQC&pg=PA87&dq=An%C3%A1lisis+de+Sistemas+de+Gesti%C3%B3n+del+Riesgo+de+Desastres+y+SIG&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj7t_B6N_WAhVj4oMKHVJrCnkQ6AEITAI#v=onepage&

[q=An%C3%A1lisis%20de%20Sistemas%20de%20Gesti%C3%B3n%20del%20Riesgo%20de%20Desastres%20y%20SIG&f=false](#)

Murillo, D. (marzo, 2013). Capital social y vulnerabilidad ante eventos meteorológicos extremos: lecciones desde el municipio de San Felipe, costa de Yucatán.

Referencia:http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222013000100008

NoSoloSIG.ES. El uso de tecnologías de la información geográfica en la gestión de riesgos naturales. (En línea) Valencia. ES. Consultado 15 sep. 2017. Disponible en: <http://www.nosolosig.com/articulos/259-el-uso-de-tecnologias-de-la-informacion-geografica-en-la-gestion-de-riesgos-naturales>

Pérez, M. (marzo, 2012). Vulnerabilidad Territorial Frente A Desastres Naturales: El Caso De La Isla De Mallorca. Referencia: http://geofocus.rediris.es/2012/Articulo2_2012.pdf

Rojas, O. (agosto de 2011). [Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales](#). Referencia: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652011000100005

Universidad Nacional De Colombia (Unal). Evaluacion Hidrológica De La Subcuenca Alta Del Río Chinchiná. (En línea). Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/3306/1/anamariafrancovillegas.2001.pdf>

ANEXOS



Figura. 8 Estancia en limoncito, para luego coleccionar muestras de la subcuenca.



Figura. 9 Parte alta de la subcuenca del Río Gatún, recorridos realizados



Figura. 10 analizando una calicata de suelo realizado en nuestros recorridos.



Figura. 11 Parte alta de la subcuenca, área de la Escandalosa.



Figura. 12 sobrevuelos del dron para el área de La Llana.



Figura. 13 Poblado de Santo Domingo



Figura. 14 sobrevuelos del dron para el área de Santo Domingo



Figura. 15 Parte Alta de la subcuenca del río Gatún.



Figura. 16 parte alta de la subcuenca del Río Gatún.



Figura. 18 camino de accesos a el poblado de Santo Domingo



Figura. 19 Parte baja de la subcuenca, la más urbanizada.



Figura. 20 Vía Transísmica, sobre el río Gatún